Ti
Sound Barrier
से. विनेत्स्की
धातूंच्या
नवलकथा
Fe
Ni

धातूंच्या नवलकथा

С. И. Венецкий

# РАССКАЗЫ О МЕТАЛЛАХ

Москва
Издательство «Металлургия»

से. विनेत्स्की

# धातूंच्या नवलकथा

"मीर" प्रकाशन
मॉस्को

लोकवाङ्मय गृह प्रा. लि.
मुंबई

अनुवाद: कै. वसंत द. सहस्रबुद्धे

S.I. Venetsky

# TALES
# ABOUT METALS

*На языке маратхи*

सोविएत संघात मुद्रित

© Издательство «Металлургия», 1978

© English translation,
Mir Publishers, 1981

© मराठी अनुवाद, मीर प्रकाशन, १९८७

# अनुक्रमणिका


| | | |
|---|---|---|
| १. | सर्वात हलका धातु | ७ |
| २. | अवकाशयुगाचा धातु | १६ |
| ३. | ग्लानिरोधक धातु . | २४ |
| ४. | मातीपासून रूपे | ३३ |
| ५. | पृथ्वीचा पुत्र . | ४४ |
| ६. | "जीवनसत्त्व व्ही" | ५५ |
| ७. | "रेडलेडचे" गूढ . | ६३ |
| ८. | लोखंडाचा जुना सहकारी . | ७३ |
| ९. | मूर्तोमंत कष्टकरी . | ८२ |
| १०. | वैद्यकीय बंदुकीतील दारू . | ९५ |
| ११. | तांब्याच्या रूपात सैतान | १०५ |
| १२. | अतिप्राचीन व नामांकित धातु . . | ११५ |
| १३. | युरेनिअम कांड्यांसाठी "आवरण" | ११७ |
| १४. | खोली क्र. ४१ मधील रहिवासी | १३६ |
| १५. | लोहमित्र मॉलिब्डेनम . . . . | १४४ |
| १६. | कुलीनतेचा वारसा मिरविणारे रूपे | १५३ |
| १७. | कठीण पण... मृदु . . | १६६ |
| १८. | "यातनांमध्ये" जन्मलेला ! | १७४ |
| १९. | प्रकाश देणारा . . . | १८१ |
| २०. | तीन कुलपांच्या तिजोरीत ! | १९० |
| २१. | धातूंचा राजा व राजेलोकांचा धातु | १९९ |
| २२. | प्रवाही रूपे . . . . | २१४ |
| २३. | रोमचा सर्वनाश करणारा ! | २२२ |
| २४. | विसाव्या शतकाचे इंधन | २३० |

# पार्श्वभूमी

कित्येक युगांपासून 'धातु मानवाची सेवा अत्यंत प्रामाणिकपणे आणि आस्थेवाइकपणे करत आहेत. मूलद्रव्यांवर स्वामित्व मिळविण्यात, निसर्गाचे गूढ उकलण्यात, उपयुक्त व शक्तिमान यंत्रसामग्री निर्मिण्यात आणि मोठमोठे कारखाने उभारण्यासाठी मानवाचे जे प्रयत्न चालू आहेत त्यात धातूंचा सिंहाचा वाटा आहे.

धातूंचे जग मोठे वैचित्र्यपूर्ण आणि चित्ताकर्षक आहे. काहींचा, उदाहरणार्थ तांबे, लोह, शिसे, पारा, सोने, रूपे आणि कथील यांचा इतिहास तर हजारो वर्षांपासून चालत आला आहे, तर काहींचा शोध अगदी अलिकडच्या काही दशकांमध्येच लागला आहे.

धातूंचे गुणधर्म तर कमालीचे विभिन्न आढळतात. पारा शून्य अंशाखालच्या तपमानातही थिजणार नाही आणि प्रदीप्त ज्वाला टंगस्टनला हात लावू शकत नाहीत. "पट्टीचा पोहणारा" असेच लिथिअमचे सार्थ वर्णन करता येईल. पाण्याच्या तुलनेने तो निम्म्याने हलका असून शिकस्तीचे प्रयत्न करूनही त्यास पाण्याखाली बुडविता येणार नाही. साऱ्या धातूंमध्ये ओस्मिअम जडपणात अग्रेसर असून पाण्यात टाकल्यास दगडापेक्षा दुप्पट वेगाने पाण्याखाली जाईल. विद्युत्वहनास रूपे एका पायावर तयार तर टायटॅनिअमला या 'खेळात' नखभरही स्वारस्य नाही. त्याची विद्युत्वाहकता रूप्यापेक्षा फक्त एक-तीनशेव्या अंशाएवढीच आहे. कुठेही नजर टाकली तरी लोखंडाचे अस्तित्व तात्काळ जाणवते. याउलट, होमिअम धातूचे पृथ्वीच्या कक्षेत एवढे अत्यल्प प्रमाण आहे की त्याची किंमत ऐकून मन थक्कच व्हावे. कणभर शुद्ध होमिअमला सोन्याच्या शंभरपट जास्त किंमत मोजावी लागेल.

तथापि, धातूंमध्ये जरी एवढी भिन्नता आढळत असली तरी ते सारे एका बाबतीत समानधर्मी आहेत — ते सारे एकाच विशाल कुटुंबाचे घटक आहेत. वेनेत्स्की यांच्या "धातूंच्या नवलकथा" या पुस्तकात अनेक धातूंच्या शोधाचा इतिहास आणि त्यांचे आजचे व उद्याचे उपयोग यांचे मोठे शैलीपूर्ण विवेचन केलेले आहे.

ज्या धातूंचा ऊहापोह केलेला आहे त्यांची अगदी पद्धतशीर माहिती द्यावी अशी मुळी लेखकाची कल्पनाच नाही. धातूंच्या इतिहासात केवढे तरी रोमहर्षक प्रसंग घडले आहेत. कधी कधी ते मोठे अद्‌भूत वा विलक्षण वाटावेत तर कधी ते हास्यास्पदही ठरतील. काही घटना एवढ्या शोकपूर्ण आहेत की मनास खिन्नता आणल्याखेरीज राहणार नाहीत. या मानवी अनुभूतींचा चित्रपट उलगडावा हा प्रमुख हेतू प्रस्तुत पुस्तक लिहिताना लेखकास अभिप्रेत होता.

ज्याना विज्ञानाचे जग उलगडण्याची सतत आस लागली आहे आणि ज्यांचे कुतुहल सदा जागृत आहे त्यांच्यासाठी हे पुस्तक तर आहेच आहे, पण ज्यानी आपल्या शैक्षणिक जीवनास कधीच रामराम ठोकला आहे. पण ज्याना सभोवतालचे जग जाणून घेण्याची नेहमीच उत्कंठा आहे, त्यांच्यासाठीही या पुस्तकाचे प्रयोजन आहे.

# १. सर्वात हलका धातु

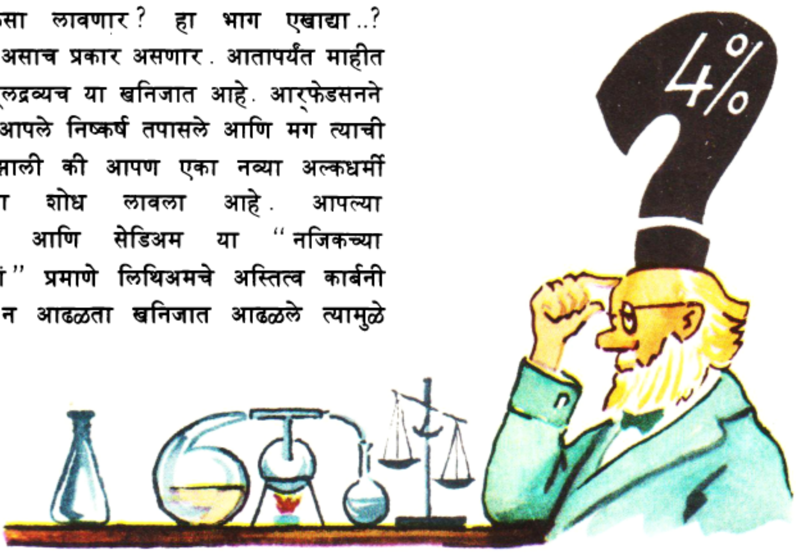
आयुष्याच्या यौवनकालात – गतशतकातील सहल – कार्लस्-बादचे औषधी पाणी – हलके कोणते ? – व्हॅसेलिनच्या आवरणात – वैमानिकांची जीवसंरक्षक साधने – संधिवातावर औषध – गरज हीच शोधकतेची जननी ! – सोविएत संघाच्या अर्थशास्त्रीय प्रदर्शनात – ऊष्णता किंवा थंडीची भीतीच नाही – अंटार्क्टिकात खोल खोल – कायमस्वरूपी वंगण – काच चवदार आहे ? – निळी ज्योत – "पहिले व्हायोलिन" – भडिमारातून निष्पत्ती – लिथिअममार्फत "न्यूट्रॉन-भक्षण" – २० नायपर ऊर्जा केंद्रांएवढे – जुने, परिचित रॉकेल – लिथिअमविरुद्ध लिथिअम – द. डाकोटातील स्फटिक – "तिळा, तिळा, दार उघड" – संशयास्पद न्याहरीचे खाद्य.

मेंदेलेयेवच्या आवर्ती सारणीत जो धातुगट आहे, त्यातील लिथिअम या प्रथम क्रमांकाच्या धातूच्या शोधास १९६७ साली १५०वर्षे पूर्ण झाली. या कालखंडात त्याचे महत्त्व तर आबाधित राहिलेच पण अद्यापीही त्याचा यौवनकाल संपलेला नाही असेच म्हणावेसे वाटते. आधुनिक तंत्रविज्ञानात त्याची भूमिका जरी विविध क्षेत्रे व्यापणारी असली तरी या धातुची सर्वांगिण माहिती आता झाली आहे असे तज्ज्ञाना मुळीच वाटत नाही. त्यामुळेच, लिथिअमचा भविष्यकाल अधिकच उज्वल असणार असेच साऱ्याना वाटते. पण त्याबाबत अधिक विचार करण्यापूर्वी गतशतकात थोडा फेरफटका मारू या. तो स्वीडनमधील १८१७ चा काळ होता. स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ आर्फेडसन याच्या निवांत अशा प्रयोगशाळेत काय चालले आहे ते पाहू या.

स्टॉकहोमनजीक असणाऱ्या उटो खाणीतील पेट लाइट या खनिजाचे पृथःक्करण बरेच दिवस या प्रयोगशाळेत चालू होते. आर्फेडसनने आपल्या पृथःक्करणाचे निष्कर्ष पुनःपुन्हा तपासून पाहिले आणि प्रत्येक वेळी खनिजातील घटकांची बेरीज ९६ टक्केच भरत होती. उर्वरित ४ टक्क्यांचा हिशेब कसा लावणार? हा भाग एखाद्या..? नक्कीच. असाच प्रकार असणार. आतापर्यंत माहीत नसलेले मूलद्रव्यच या खनिजात आहे. आर्फेडसनने पुनःपुन्हा आपले निष्कर्ष तपासले आणि मग त्याची खात्रीच झाली की आपण एका नव्या अल्कधर्मी मूलद्रव्याचा शोध लावला आहे. आपल्या पोटॅशिअम आणि सेडिअम या "नजिकच्या नातेवाईकां" प्रमाणे लिथिअमचे अस्तित्व कार्बनी पदार्थात न आढळता खनिजात आढळले त्यामुळे शास्त्रज्ञानी त्याचे नामकरण लिथिअम असे (ग्रीक भाषेतील "लिथॉस्" म्हणजे दगड या अर्थी असणाऱ्या शब्दावरून) केले.

त्यानंतर थोड्याच अवधीत इतर खनिजातही या मूलद्रव्याचे अस्तित्व आर्फेडेसनने दाखवून दिले. तसेच, स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ बर्झेलिअस यानीही, कार्लस्बाद व मेरिअनबाद येथील खनिज-जलात या धातूचे अंश असल्याचे दाखवून दिले. आजही फ़ान्समध्ये असलेल्या विची येथील खनिजांतर्गत पाण्याच्या साठ्यात लिथिअम असून केवळ त्यामुळेच त्यास अमाप लोकप्रियता मिळालेली आहे. त्यातील लिथिअम-क्षारांमुळे या पाण्यास "स्नानाचे उत्कृष्ट औषधी पाणी" म्हणून महत्त्व प्राप्त झाले आहे.

१८५५ मध्ये जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ बुनसेन आणि इंग्रज भौतिकशास्त्रज्ञ मॅथिसन यानी स्वतंत्रपणे, वितळलेल्या लिथिअम क्लोराईडपासून विद्युत्विच्छेदन पद्धतीमार्गे लिथिअमची शुद्ध प्रत मिळविली. त्यामुळे असे निष्पन्न झाले की लिथिअम हा धातु मृदु व रूपेरी रंगाचा असून पाण्यापेक्षा तो अर्ध्या वजनाएवढा हलका आहे. हलकेपणात तर लिथिअमला कोणताच धातु प्रतिस्पर्धी नाही.



त्याच्यापेक्षा ॲल्युमिनिअम ५ पट, लोखंड १५ पट आणि ओस्मिअम तर ४० पट अधिक वजनदार आहे.

सभोवतालच्या सर्वसाधारण तपमानात देखील लिथिअम हवेतील नायट्रोजन आणि ऑक्सिजन यांच्याशी द्रुत गतीने प्रक्रिया पावतो. खरखरीत पृष्ठभागाचे काचेचे बूच असणाऱ्या एका बाटलीत लिथिअमचा एक तुकडा टाका व बूच लावा. बाटलीतील सर्व हवा लिथिअम शोषून घेईल आणि ती निर्वात करून टाकेल. मग वातावरणाच्या दाबामुळे बूच एवढे घट्ट बसेल की ते काढणे म्हणजे भीमशक्तीचा खेळ ठरेल. साहजिकच लिथिअम कसे ठेवावे हा एक यक्षप्रश्नच ठरतो. रॉकेल किंवा पेट्रोलमध्ये सोडिअम धातु उत्तम प्रकारे ठेवता येतो खरा पण लिथिअम त्याप्रमाणे ठेवल्यास तो सर्‌कन पृष्ठभागी येईल आणि भडका उडेल. लिथिअमची ही प्रक्रियाकारक प्रवृत्ती नियंत्रणात ठेवण्यासाठी त्याच्या कांडचा व्हॅसेलिन किंवा मेणचट द्रव्यात खोल ठेवल्या जातात व अशा प्रकारे त्यांच्याभोवती संरक्षक आवरण निर्माण होते.

हायड्रोजनशी तर याहीपेक्षा अधिक त्वरेने लिथिअम संयोग पावते. थोडेसेच लिथिअम हायड्रोजनच्या केवढ्या तरी प्रचंड आकारमानाशी संयोगित होते – लिथिअम हायड्रेटच्या एका कि. ग्रॅ. मध्ये २८०० लिटर हायड्रोजन असतो! दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळी अमेरिकन वैमानिकाना, आयत्या वेळी हायड्रोजनचा साठा उपलब्ध व्हावा म्हणून लिथिअम हायड्राईटच्या वड्या दिलेल्या होत्या. पाण्यावरून उडणारे विमान अपघाताने पाण्यात पडलेच तर जीवरक्षक अशा फुगविता येणाऱ्या होड्या, अंगावर घेण्याजोगे पोशाख आणि संदेश देणारे ॲंटेनायुक्त फुगे यांच्यासाठी हायड्रोजन या वड्यांमुळे उपलब्ध होत असे. पाण्याशी संबंध येताच त्या चट्‌दिशी विरघळतात आणि त्याचवेळी हायड्रोजनही उपलब्ध होऊन ही जीवरक्षक साधने फुगविता येतात.

पाणी शोषून घेण्याबाबतचा लिथिअमचा हा अचाट गुणधर्म अनेक ठिकाणी फार उपयुक्त ठरला आहे. पाणबुडीतील हवा शुद्ध करण्यासाठी, विमानातील श्वसन-उपकरणांमध्ये आणि वातानुकूल उपकरणांमध्ये या वैशिष्टयपूर्ण गुणधर्मामुळे लिथिअम वापरले जाते.

औद्योगिक क्षेत्रात लिथिअम वापरण्याचे पहिले प्रयत्न या शतकाच्या सुरुवातीपासून होत गेले. तोपर्यंतच्या शंभरएक वर्षांपर्यंत, संधिवातावर उपचार करण्यासाठी लिथिअम प्रामुख्याने वापरले जात असे.

पहिल्या महायुद्धात जर्मनीला कथिलाची अत्यंतिक चणचण भासली. कथिलाचे उत्पादन करता येईल असे खनिज देशांतर्गत तर मुळीच उपलब्ध नव्हते. कथिलासाठी कोणतातरी पर्यायी पदार्थ उपलब्ध करण्याची शास्त्रज्ञांपुढे निकड होती. हा प्रश्न सोडविण्यास लिथिअम पुढे सरसावले आणि शिसे-लिथिअम हा (बानमेटल म्हणून माहीत झालेला) एक उत्कृष्ट अघर्षणी मिश्रधातु ठरला. त्यानंतर तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात लिथिअमयुक्त अनेक मिश्रधातूंचे उपयोग सातत्याने प्रचारात आले. बेरिलिअम, तांबे, जस्त आणि रूपे यांचे लिथिअमयुक्त मिश्रधातु आपापल्या परीने विविध क्षेत्रात मान्यता पावलेले आहेत. आणखी एका हलक्या वजनाच्या धातूबरोबर तयार होणाऱ्या लिथिअमच्या मिश्रधातूना खूपच उज्वल भाविष्यकाळ आहे. इतर अनेक उत्कृष्ट गुणधर्मांबरोबरच मॅग्नेशिअम धातूच्या अंगी महत्त्वपूर्ण अशा संरचनात्मक गुणांचे अस्तित्व आहे. ५० टक्क्यांपेक्षा अधिक मॅग्नेशिअम नसणारा असा लिथिअम-मॅग्नेशिअम मिश्रधातु पाण्यापेक्षा हलका असतो. या मर्यादेत घटक असणारे मिश्रधातु तयार केले गेले आहेतच. पण दुर्दैवाने ते टिकाऊ ठरलेले नसून हवेत त्यांचे ऑक्सिडिकरणही सहज होते. वापरण्यास उपयुक्त ठरेल अशा मिश्रधातुचे उत्पादनतंत्र विकसित करण्यात शास्त्रज्ञ सध्या गर्क आहेत. दीर्घावधीच्या वापरात खराब होणार नाही अशा लिथिअम-मॅग्नेशिअम मिश्रधातूचा

एक नमुना मॉस्को येथे भरलेल्या सोविएत अर्थशास्त्रीय प्रदर्शनात ठेवण्यात आला होता.

लिथिअमची उच्च दर्जाची अभिक्रियाक्षमता, त्याचा खालच्या तपमानातील विलयनबिंदू आणि हलक्या वजनातील त्याची संयुगे यामुळे लोह आणि अलोह धातुविज्ञानात एक उत्कृष्ट वायुहारक, ऑक्सिडिकरणरोधक, आणि परिवर्तक म्हणून त्यास स्थान मिळाले आहे.

ॲल्युमिनिअमच्या उत्पादनात लिथिअमचा प्रक्रिया-उत्प्रेकर म्हणून वापर होतो. विद्युतविच्छेद्य द्रावात थोडेसे लिथिअम-संयुग मिसळल्यास ॲल्युमिनिअम विद्युत्-विच्छेद्य घटाची कार्यक्षमता वाढून द्रावाचे तपमान कमी राखणे शक्य होते आणि विजेचा खप घटण्यासही मदत होते.

पूर्वीच्या काळी अल्कधर्मी, विद्युत्संचय घटांमध्ये विद्युत्-विच्छेद्य द्राव फक्त सोडियम हायड्रॉक्साईडयुक्त होता. त्यामध्ये काही ग्रॅम लिथिअम हायड्रॉक्साईड मिसळण्यामुळे या घटांचा उपयुक्त आयुष्यकाल पूर्वीपेक्षा तिप्पट ठरला. ज्या तपमानमर्यादेत हे घट उपयुक्त ठरत ती मर्यादाही विस्तृत झाली. असे घट आता तपमान ४० अंश से. च्या वर गेले तरी निरूपयोगी ठरत नाहीत किंवा तपमान शून्याच्या खाली २० अंश से. पर्यंत गेले असताही थिजत नाहीत. लिथिअमविरहित विद्युत्-विच्छेद्य द्राव या तपमान मर्यादेत टिकूच शकत नाही. अलिकडेच जपानमध्ये एक नव्या प्रकारचा विद्युत्घट तयार केला गेला असून त्यातील एक विद्युत्-अग्र लिथिअमचा आहे. त्याच्या जस्तयुक्त 'पूर्वजा'पेक्षा हा नवा घट पाच ते सात पट अधिक प्रभावी आहे.

लिथिअमची काही कार्बनी संयुगे (स्टिअरेट, पामिटेट व इतर वर्गीय) विस्तृत तपमान मर्यादेतही अंगचे भौतिक गुणधर्म टिकवू शकतात, त्यामुळे यांत्रिक उपकरणांमध्ये वापरता येणारी वंगणे तयार करणे शक्य झाले आहे. लिथिअमप्रधान वंगणांमुळे, ज्या अंटार्क्टिक प्रदेशात तपमान शून्य अंशाखाली ६० अंश से. जाते अशा दूरवरच्या प्रदेशात वाहने नेणे शक्य झाले आहे. उतारू वाहतुकीची वाहने लिथिअमयुक्त वंगणावर अगदी निर्भर असतात. "झिगुली" वाहनाचे मालक तर त्यास "कायम टिकाऊ वंगण" असेच म्हणतात. या मोटारीतील एकमेकांवर घासणाऱ्या भागांवर असे वंगण एकदाच लावले तरी हे भाग वापरून निरूपयोगी होईपर्यंत ते काम देते.

झेकोस्लोव्हाकियात तयार झालेल्या व हॉलिवुडच्या गाजलेल्या चित्रपटांची टिंगल करणाऱ्या अशा "लेमोनेड जो" या चित्रपटातील मुख्य नायक "सैतानाच्या पेया" ची तर मजा चाखतोच पण ते पिऊन झाल्यावर काचेचे काही पेलेही खातो. प्रत्यक्ष पाहिलेल्या घटनांनुसार काही भारतीय योगी लोकही अधूनमधून अशा प्रकारचे काच-खाद्य खाण्याचे प्रयोग करतात आणि दुसरे कोणतेच खाद्य त्याएवढे चविष्ट नसावे अशा भावनेने काचेचे पेले चावून चावून तर खातातच पण तुकडेही गिळून टाकतात. आणि तुम्ही काय करता? हा प्रश्न ऐकून तुम्ही नक्कीच म्हणाल, "काय हा वेडेपणा? आम्ही कधीच काच खात नाही आणि खाणारही नाही!" पण तुमची चूक होत आहे, कारण नेहमीची काच पाण्यात विरघळते हे तुम्ही विसरलेले दिसता. अतिशय सूक्ष्ममापी तराजूच्या

साहाय्याने असे सिद्ध होते की गरम पेय पिण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या प्रत्येक पेल्यापैकी एक-दहा हजारांश ग्रॅम भाग पेयात विरघळतो व ही काच आपण दर वेळेस पितो. मात्र काचपेले तयार करतेवेळी त्यामध्ये लँथॅनम, झिर्कोनिअम आणि लिथिअम यांची संयुगे मिसळली तर विरघळण्याचे प्रमाण शंभर पटीनी कमी होते. अशी काच तीव्र सल्फ्युरिक अम्लाचे दुष्परिणाम उत्तम प्रकारे रोखते.

केवळ विरघळण्याचे प्रमाण कमी राखणे एवढाच काही लिथिअमचा काच-उद्योगात मर्यादित उपयोग नाही. लिथिअमच्या साहाय्याने परिवर्तित केल्या जाणाऱ्या काचेत उच्च दर्जाचे प्रकाशीय गुणधर्म येतात, ती उत्तम प्रकारे उष्णतेचे परिणाम रोखू शकते, विद्युत्‌रोधकता प्रभावी असते आणि विद्युत् अपारक हानी कमी असते. दूरचित्रवाणीत जी चित्रनलिका असते तिच्या काचेत खासकरून लिथिअमचा वापर केला जातो. वितळलेल्या लिथिअम संयुगाची, खिडकीसाठी वापरल्या जाणाऱ्या सर्वसाधारण काचेवर प्रक्रिया केली असता तीवर अशा संयुगाचा दाट थर चढतो व काच दुप्पट ताकदवान आणि उच्च तपमानात टिकाऊ ठरते. अल्पशा प्रमाणात (०.५ ते १.५ टक्के) लिथिअम मिसळले असता काचनिर्मितीच्या वेळी तयार होणाऱ्या काचद्रावाचे तपमान कमी केले जाते.

पारदर्शकतेचा जणू आदर्शच म्हणून दंवबिंदूकडे बोट दाखविले जाते. तरी पण दंवबिंदू एवढी पारदर्शकता असणारी काच आधुनिक तंत्रविज्ञानाच्या दृष्टीने समाधानकारक ठरणारी नाही. आधुनिक तंत्रज्ञाना निव्वळ दृश्य प्रकाश आरपार जाऊ शकणारी काच नको तर अल्ट्रा-व्हायोलेट ऊर्फ जंबुपार असे अदृश्य प्रकाशही आरपार जाऊ शकणारी काच हवी असते. दूरवरच्या ताऱ्यांकडून येणारे असे अदृश्य प्रकाश नेहमीच्या दूरदर्शकाच्या साहाय्याने पकडता येणे अशक्यच. तशी अत्युच्च पारदर्शकता लिथिअम फ्ल्युओराईडच्या एकाच मोठ्या स्फटिकापासून तयार करण्यात येणाऱ्या भिंगामुळे शक्य होते. व त्या मुळे खगोलशास्त्रज्ञ विश्वाच्या गूढ प्रांगणात डोकावू शकतात.

खास प्रकारची चकाकी देण्यात, झिलई देण्यात, एनॅमल ऊर्फ लुकणकामात, रंगांमध्ये, उच्च दर्जाच्या चिनी मातीच्या वस्तूंमध्ये लिथिअमचे मोठे महत्त्व आहे. कापडउद्योगात कापड उजळविण्यासाठी आणि रंग पक्का करण्यासाठी काही लिथिअम संयुगे वापरली जातात तर काही रंगविण्यासाठी वापरण्यात येतात.

लिथिअम संयुगांच्या वापरामुळे बंदुकीच्या मार्गस्थ गोळया व गोळे पाठीमागे निळया-हिरव्या प्रकाशरेखा निर्माण करतात.

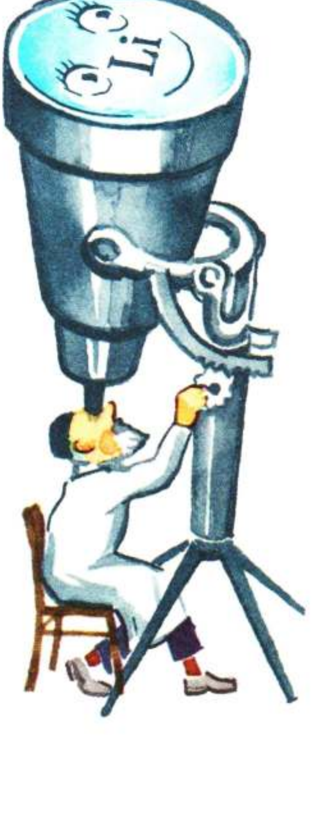
पुढील प्रयोगाद्वारे, शोभेच्या दारूकामामध्ये लिथिअमची पात्रता केवढी उत्कृष्ट आहे याची कल्पना येईल. साखरेच्या ढिगास आग लावण्याचा प्रयत्न करा. असे ध्यानात येईल की साखर वितळेल पण ज्योत धरणार नाही. पण ही साखर अगोदरच जर तंबाखूच्या राखेने माखली तर मात्र ती सुंदर निळया ज्वाला निर्माण करीत जळू लागेल. यामागचे रहस्य असे की इतर वनस्पतींप्रमाणेच तंबाखूतही लिथिअमचे बरेच प्रमाण असते. जेव्हा तंबाखूची पाने जाळली जातात तेव्हा राखेमध्ये लिथिअमची काही संयुगे उरतात आणि त्यामुळे वरील प्रकारे "जादू" करणे शक्य होते.

आतापावेतो लिथिअमची अनेक अंगे आपण पाहिली खरी पण ती सारी दुय्यम ठरावी एवढे महत्त्वपूर्ण क्षेत्र लिथिअमने पादक्रांत केले आहे. त्यामधून आता थोडा फेरफटका मारू या.

शास्त्रज्ञाना असे आढळले आहे की न्यूट्रॉनमुळे लिथिअमच्या लिथिअम – ६ या समस्थानिकाच्या केंद्रकाची सहजगत्या तूटफूट होऊ शकते. न्यूट्रॉन शोषून घेतल्यामुळे लिथिअमचा केंद्रक अस्थैर्यी बनतो आणि त्याचा, दोन नव्या अणूंमध्ये ऱ्हास होतो. त्यापैकी एक, हेलिअम या हलक्या व अक्रियाशील वायूचा असतो व दुसरा, सहसा न आढळणाऱ्या व अत्यंत वजनदार अशा हायड्रोजनचा ऊर्फ ट्रिटिअमचा असतो. अति उच्च तपमानात ट्रिटिअम

अणु व ड्युटेरिअम अणु ( हायड्रोजनचाच वजनदार असा समस्थानिक प्रकार ) संयोग पावतात आणि त्याचवेळी प्रचंड प्रमाणात औष्णिक-अणुगर्भीय ऊर्जा मुक्त होते.

लिथिअम-६ व ड्युटेरिअम यापासून लिथिअम ड्यूटेराइट संयुग तयार होते व त्यावर न्यूट्रॉनचा भडिमार केला गेल्यास अशी औष्णिक-अणुगर्भीय क्रिया विशेष वेगाने व प्रभावीरीत्या होते. लिथिअम अणुभट्ट्यांमध्ये त्याचा अणु-इंधन म्हणून उपयोग होतो व युरेनिअमच्या तुलनेने त्याचे काही खास फायदेही आहेत. लिथिअम सहजगत्या उपलब्ध असून युरेनिअमपेक्षा ते स्वस्तही पडते. त्याच्या विदलनातून किरणोत्सारी गुणधर्माचे पदार्थ तयार होत नाहीत आणि एकूण प्रक्रिया अधिक सुलभपणे नियंत्रित करता येते.




लिथिअम-६ मध्ये, मंद असे न्यूट्रॉन थोपविण्याची चांगल्या प्रकारची क्षमता असून या गुणधर्मामुळे युरेनिअमअणुभट्ट्यांमध्ये घडून येणाऱ्या प्रक्रिया नियंत्रित करण्यासाठी ते वापरले जाते. याच कारणामुळे किरणोत्सारापासून संरक्षण देणाऱ्या संरक्षक-पडद्यांमध्ये या समस्थानिकाचा वापर केला जातो आणि अणु-विद्युत्घटांमध्येही ( या घटांचा उपयुक्तताकाल खूपच वाढविलेला असतो ) ते उपयोगी पडते. भावी कालात, अणुशक्तीवर चालणाऱ्या विमानात व अवकाशयानात निर्माण होणारे मंदस्वरूपी न्यूट्रॉन शोषून घेण्यासाठी लिथिअम-६ चा वापर होणे अगदी शक्य आहे. इतर अल्क धातूंप्रमाणेच एक शीतकारक पदार्थ म्हणून लिथिअमचाही अणुभट्ट्यांमध्ये वापर होतोच. या कामासाठी बऱ्या प्रमाणात उपलब्ध असणारे लिथिअम-७ हे समस्थानिक अधिक उपयुक्त आहे. ( नैसर्गिक लिथिअममध्ये त्याचा सुमारे ९३ टक्के भाग असतो. ) आपल्या "हलक्या वजनाच्या" भावाप्रमाणे लिथिअम-७ चा ट्रिटिअमच्या उत्पादनार्थ वापर होऊ शकत नाही, त्यामुळे औष्णिक-अणुऊर्जाक्षेत्रात त्यास महत्त्व नाही. तथापि, शीतकारक पदार्थ म्हणून तो निश्चितच सुयोग्य पदार्थ

आहे. खरे तर त्याच्या अंगभूत उष्णताधारकतेमुळे, उष्णता-वहनतेमुळे, त्याच्या द्रवस्थितीच्या विस्तृत मर्यादेमुळे ( १८० अंश-१३३६ अंश से. ), निकृष्ट विष्यंदतेमुळे आणि अल्प घनतेमुळे शीतकारक पदार्थ म्हणून असणारी त्याची भूमिका अधिक प्रभावी ठरते.

थोडया उशिरा का होईना, पण अवकाश-संचार उद्योगाने लिथिअमच्या वापराबाबत गंभीर विचार करणे सुरू केले आहे. पृथ्वीच्या गुरूत्वाकर्षणशक्तीवर मात करून बाह्य अवकाशात जाण्यासाठी प्रचंड ऊर्जेची गरज असते. उदाहरणार्थ, ज्या अग्निबाणाच्या साहाय्याने युरी गगारिन या जगातील पहिल्या अंतराळवीरास बाह्य अवकाशात नेले गेले त्या अग्निबाणास सहा इंजिने असून त्यामार्फत २०००००००० अश्वशक्ती एवढी ऊर्जा प्रसृत करता आली. ही ऊर्जा, वीस नायपर जलविद्युत् ऊर्जा केंद्राच्या बरोबरीची ठरते.

उघडच आहे की अग्निबाणातील इंधनाचा प्रश्न कमालीचा महत्त्वाचा ठरतो. आतापर्यंत, रॉकेल ( होय, आपले नेहमीचे परिचित रॉकेलच ) आणि ऑक्सिडिकारक म्हणून द्रवरूप ऑक्सिजन यांचे मिश्रण हे अत्यधिक कार्यक्षम इंधन समजले जात होते. या मिश्रणाचे उष्णता-सामर्थ्य मूल्य ( कॅलरी मूल्य ) दर किलोग्रॅमला २३०० किलोकॅलरी असते. ( तुलनेसाठी हे लक्षात घ्या की अत्यंत स्फोटक द्रव्य म्हणून माहीत असणाऱ्या एका किलोग्रॅम नायट्रोग्लिसरिनपासून फक्त १४८० किलोकॅलरी उष्णता मोकळी होते. )

अशा प्रकारे इंधन म्हणून धातुपदार्थांच्या वापरास फार उज्वल भविष्यकाल आहे. अग्निबाणाच्या इंधनार्थ धातूंच्या उपयोगाची सैद्धांतिक पार्श्वभूमी आणि तंत्र प्रथम यु. व्ही. कोंद्रात्युक आणि एफ्. ए. सँडर या नामवंत रशियन शास्त्रज्ञानी कित्येक दशकांपूर्वीच विकसित केले. या कामासाठी लिथिअम हा एक धातु उत्कृष्ट प्रकारे उपयुक्त ठरतो. एक कि. ग्रॅ. वजनाच्या लिथिअमच्या ज्वलनातून २०२०७ किलोकॅलरी निर्माण होतात! यापेक्षा अधिक कॅलरी मूल्य बेरिलिअम या धातुच्या बाबतीतच काय ते आढळते. अग्निबाणासाठी ५१-६८ टक्के लिथिअम धातु असणाऱ्या घनरूप इंधनाचे स्वामित्व-हक्क अमेरिकेत प्रसिद्ध झाले आहेत.

एक आश्चर्याची वस्तुस्थिती अशी की अग्निबाणाच्या इंजिनांचे कार्य चालू असता लिथिअम विरुद्ध लिथिअम असा झगडा चालू असल्याचे पहावयास मिळते. इंधनाचा एक घटक म्हणून लिथिअमतर्फे प्रचंड तपमान निर्माण होते आणि त्याच्यापासून संरक्षण मिळावे म्हणून लिथिअमयुक्त उष्णतारोधक पदार्थांची आवरणे वापरली जातात. असे पदार्थ

( "स्टुपालाईट" नावाचे ) उच्च तपमानाचे दुष्परिणाम रोखणारे आणि उष्णतारोधक म्हणून प्रसिद्ध आहेत. म्हणूनच, अग्निबाणांच्या तोटघा आणि ज्वलनकक्ष यावर त्यांचा संरक्षक थर दिला जातो आणि लिथिअम इंधनापासून होणाऱ्या उष्णतेचे दुष्परिणाम रोखले जातात.

आजच्या काळात औद्योगिक क्षेत्रात प्लॅस्टिकसारखे अनेक बहुवारिक कृत्रिम पदार्थ सहजगत्या उपलब्ध आहेत. पोलाद, पितळ, काच अशा पदार्थांना एक पर्यायी पदार्थ म्हणून ते यशस्वीरीत्या उपयुक्त ठरतात. पण उत्पादनक्षेत्रातील तंत्रज्ञांना ते एकमेकास जोडण्याचा किंवा इतर पदार्थाशी जोडण्याचा मोठाच प्रश्न पडतो. उदाहरणार्थ, नवीन असा फ्ल्युओरोकार्बन हा प्लॅस्टिक-प्रकार ( टेफ्लॉन या व्यापारी नावाने परिचित असणारा ) गंजरोधक थरासाठी अतिशय उपयुक्त आहे पण धातुना तो जोडण्याचे अथवा थर देण्याचे तंत्रज्ञान उपलब्ध होत नसल्यामुळे त्याचे उपयोग प्रचारात येण्यास उशीर होत होता.

असे प्लॅस्टिक ऊर्फ बहुवारिक पदार्थ निरनिराळया पदार्थांना जोडण्याची ( वितळजोडाची ) एक मूलभूत पद्धत सोविएत शास्त्रज्ञानी विकसित केली असून ती "अणुशास्त्रीय वितळजोड पद्धत" म्हणुन ओळखली जाते. अल्प प्रमाणात लिथिअम किंवा बोरॉन संयुगाचा प्रथम जोडावयाच्या वस्तूंवर थर दिला जातो. हा थर म्हणजे जणू अणुशास्त्रीय डिंकच म्हटला पाहिजे. अशा थरयुक्त पदार्थांवर जेव्हा न्यूट्रॉनचा भडिमार केला जातो तेव्हा अणुशास्त्रीय प्रक्रिया घडतात व त्याचवेळी मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा निर्माण होते. त्यामुळे अशा थरयुक्त भागांमध्ये सूक्ष्म प्रमाणात आणि अल्प कालात ( सेकंदाच्या काही लाखांश भागाएवढ्या कालापुरते ) हजारो अंशांचे तपमान निर्माण होते. पण एवढ्याशा अल्पावधीतही आंतरपृष्ठभागीय रेणूंचे स्थानांतर होते, ते एकमेकात मिसळले जातात, त्यांच्यामध्ये नव्याने रासायनिक बंध निर्माण होतात आणि ते एकमेकास जोडले जातात – अणुशास्त्रीय वितळजोड प्रत्यक्षात येतो.

मेंदेलेयेवच्या आवर्ती कोष्टकातील वरच्या डाव्या कोपऱ्यातील मूलद्रव्ये, नियमानुसार, भूकवचात विपूल प्रमाणात सापडतात, सापडावयास पाहिजेत. पण आपल्या सोडिअम, पोटॅशिअम, मॅग्नेशिअम, कॅल्शिअम आणि ॲल्युमिनिअम या शेजाऱ्यांच्या मानाने लिथिअम हे काहीसे दुर्मिळ मूलद्रव्य आहे. पृथ्वीच्या कवचात त्याचे प्रमाण फक्त ०.००६५ टक्के आढळते. हे मूलद्रव्य असणारी वीस प्रकारची खनिजे निसर्गात आढळतात व त्यापैकी स्पोडयुमेन ( ट्रायफेन ) हे प्रमुख होय. रेल्वेमार्गावर आढळणाऱ्या फुल्यांच्या स्वरूपात किंवा झाडांच्या खोडाप्रमाणे त्याचे भलेमोठे स्फटिक सापडले आहेत. दक्षिण डाकोटात ( अमेरिकेमध्ये ) १५ मीटर लांबीपेक्षा मोठा आणि पन्नास टन वजन असणारा स्फटिक सापडला आहेच. अतिशय सुंदर अशा पाचूसदृश हिरव्या रंगाचे आणि गुलाबी-जांभळया रंगाचे स्पोडयुमेन प्रकार ऊर्फ हिडेनाइट व कुंझाइट नामक मूल्यवान खडे अमेरिकेतील खाणींमध्ये सापडले आहेत.

ग्रॅनाइटप्रधान पेग्मॅटाइट हा खडकप्रकार अत्यंत विपुल आणि अक्षरशः कधीच न संपणारा असा असून लिथिअमच्या उत्पादनात कच्चा माल म्हणून उपयोगी पडणारा आहे. एका अंदाजानुसार दर एक घनकिलोमीटर ग्रॅनाइटमध्ये ११२००० टन लिथिअम असते. आज सर्व भांडवलशाहीप्रधान देशात लिथिअमचे जे उत्पादन होते त्याच्या तीसपट जास्त हे प्रमाण आहे. या ग्रॅनाइट साठ्यात लिथिअमखेरीज निओबिअम, टँटॅलम, झिर्कोनिअम, थोरिअम, युरेनिअम, निओडिमिअम, सीसिअम, सेरिअम, प्रेसिओडिमिअम आणि इतर दुर्मिळ, दुष्प्राप्य मृद् मूलद्रव्येही आढळतात. पण ग्रॅनाइट हे आपले धन काही प्रमाणात तरी वाटण्यास तयार होईल काय?

ग्रॅनाइट म्हणजे अलिबाबाच्या दंतकथेतील गुहाच

म्हटली पाहिजे आणि ती उघडण्यासाठी ज्याप्रमाणे "तिळा, तिळा, दार उघड" असे खुणेचे शब्द वापरले गेले, त्याचप्रमाणे शास्त्रज्ञही ग्रॅनाइटमध्ये दडलेले भांडार खोलण्याच्या प्रयत्नात आहेत. या प्रयत्नात ते आज ना उद्या निश्चित यशस्वी ठरणार यात शंका नाही.

लिथिअमची ही सुरस कथा संपविण्यापूर्वी, अमेरिकन भौतिकशास्त्रज्ञ रॉबर्ट वुड यांच्या आयुष्यात घडलेला एक मजेशीर प्रसंग सांगितला पाहिजे, कारण त्यात लिथिअमचा महत्त्वपूर्ण संबंध आलेला आहे. १८९१ मध्ये हार्वर्ड विद्यापीठाचा पदवीधर आणि भावी काळातील एक नामवंत शास्त्रज्ञ म्हणून वुड हे, सुप्रसिद्ध प्राध्यापक रेम्सेन यांच्या हाताखाली रसायनशास्त्र शिकण्यासाठी बाल्टिमोरला आले. विद्यापीठाच्या नजिकच असणाऱ्या एका वसतीगृहात ते राहू लागले. लौकरच त्यांच्या कानी आले की आपली मालकीण अधूनमधून आदल्या रात्री जेवणाच्या ताटात उरलेले पदार्थ वापरून सकाळची न्याहरी खाऊ घालते. पण हे सिद्ध कसे करणार?

एखाद्या समस्येबाबत स्वतंत्र आणि सोपा उपाय सुचविण्याबाबत वुड फार प्रसिद्ध होते व त्यांचा हा गुण येथेही उपयोगी पडला. जेव्हा आदल्या दिवशीच्या भोजनात मांसपदार्थ वाढले गेले तेव्हा त्यानी मुद्दामच बराचसा भाग न खाता त्यावर लिथिअम क्लोराईड हे संयुग शिंपडून ताटात तसाच राहू दिला. हे संयुग अगदी मिठाप्रमाणेच चवीला असते आणि ते दिसतेही तसेच. ते अपायकारकही नसते हे वेगळेच. दुसरे दिवशी दिल्या गेलेल्या न्याहरीच्या पदार्थातील मांसखंड विद्यार्थ्यांनी बरोबर घेतले आणि प्रयोगशाळेतील वर्णपटलेखकाच्या साहाय्याने तपासले. वर्णपटात आढळून आलेल्या लिथिअमनिदर्शक लाल रेषेने सारा गौप्यस्फोट केला आणि त्या लोभी मालकिणीची लबाडी चव्हाट्यावर आली. अनेक वर्षानंतर आपले हे "गुन्हेगारी-संशोधनकार्य" वुड मोठ्या मजेत इतराना ऐकवित.

# २. अवकाशयुगाचा धातु

परिकथेचे सत्यकथेत रूपांतर – क्लिओपात्राच्या एमेरॅल्ड खाणी – रोमन सम्राटाचा छंद – "ते हिरवेगार, शुद्ध, सुख-दायी आणि नाजुक आहे" – मेक्सिकोच्या थडग्यांतील संपदा – इंका जमातीचे रहस्य – हिरवा प्रभातकाल आणि रक्तरंगी निशाकाल – गिल्डाचा बेरिलिअमचा शोध – प्रदर्शनातील "घायाळ" नमुना – व्हॅक्वेलिनचे सनसनाटी विधान –प्रतिकूल निर्णयाचा फेरविचार –बाह्य अवकाशात! – एक प्रचंड मागणी – स्फोटाचे भयच नाही – हलक्या धातूंची हातमिळवणी – एक महत्त्वपूर्ण शोध – न्यूट्रॉनच्या वेगात घट – सर्व उच्चांक मोडणारी गती – एक अणु – सुई.

"मूलद्रव्यांमध्ये अत्यंत वैशिष्टयपूर्ण असा बेरिलिअम धातु असून त्याचे सैद्धांतिक व व्यावहारिक उपयोग अमर्याद आहेत."

"हवेवर स्वामित्व मिळविणे आणि विमाने व वातायने यांची धाडसी उड्डाणे हलक्या वजनांच्या धातूवाचून अशक्य आहेत. आपणास जाणवू लागलेच आहे की लौकरच ॲल्युमिनिअम आणि मॅग्नेशिअम यांच्या मदतीस बेरिलिअम येत आहे."

मग आपली विमाने ताशी हजारो कि. मी. वेगाने धावू लागतील."

बेरिलिअमचा भविष्यकाल अत्यंत उज्वल आहे.

भावी रसायनशास्त्रज्ञानो, बेरिलिअमचे नवे मार्ग शोधून काढा. रसायनशास्त्रज्ञानो, आपल्या ॲल्युमिनिअम दोस्तापासून बेरिलिअम वेगळे करण्याच्या पद्धती शोधून काढा. तंत्रज्ञानो, पाण्यात बुडणार नाही पण पोलादापेक्षा ताकदवान, रबरासारखा लवचिक, प्लॅटिनमसारखा कठीण आणि मौल्यवान खडयांप्रमाणे कायमचा टिकावू असा हलक्यातला हलका मिश्रधातु तयार करण्याची जबाबदारी तुमच्यावर आहे."

आज वरील शब्द कदाचित परिकथेप्रमाणे वाटतील पण अगदी आपल्या डोळयांसमोर कितीतरी परिकथांचे सत्यकथेत रूपांतर झालेले आहे, त्या अशा कथा नित्य जीवनाचा एक भाग बनलेल्या आहेत. आपण हे विसरतो की केवळ वीस वर्षांपूर्वी आपले रेडिओ आणि टेलिव्हिजन आपणास परिकथांप्रमाणेच अद्भुत स्वरूपाचे वाटत होते."

अनेक दशकांपूर्वीच बेरिलिअमचे महत्त्व अचूक ओळखणाऱ्या ॲकॅडेमिशिअन ए. इ. फर्समान या श्रेष्ठ रशियन शास्त्रज्ञाने लिहिलेला वरील मजकूर आहे.

केवळ बेरिलिअम हा भावी काल गाजविणारा धातु आहे. आणि त्याचा इतिहासही भूतकालात बराच खोलवर गेलेला आहे. आवर्ती सारणीत फारच मोठा गतेतिहास असणारे थोडेसेच धातु आहेत.

...दोन हजार वर्षांपेक्षा अधिक काळापासून आकर्षक अशा हिरव्यागार रंगाचे स्फटिक गुलामांमार्फत खाणीतून काढले जात होते. राणी क्लिओपॅट्राच्या या सुप्रसिद्ध खाणी नुबियाच्या निर्जन वाळवंटात होत्या आणि ते हिरवेगार स्फटिक ऊर्फ एमेराल्ड उंटांचे काफिलेच्या काफिले भरभरून तांबडया समुद्राच्या किनारी पाठविले जात होते. तेथून त्यांची वाट युरोपातील, तसेच मध्य आणि अति पूर्वेकडील राजेमहाराजांच्या राजवाडयांपर्यंत पोहोचत होती – बिझांटाईन सम्राट, पर्शियातील बादशाह, चीनमधील उच्चपदस्थ आणि भारतातील राजेमहाराजे!

एमेराल्डची भपकेदार चमक, रंगाची शुद्धता, आणि काळीशार वाटणारी गडद हिरव्या रंगापासून ते नेत्रदीपक, चमचमत्या हिरव्या रंगातील मोरपंखी दीप्ती यानी युगांपासून सतत भुरळ घातली आहे. खास करमणुकीप्रित्यर्थ नेमलेल्या योद्धयामधील लढत एमेराल्डच्या स्फटिकातून पाहणे हा रोमन सम्राट नीरो याचा छंद होता.

अमेरिकेच्या शोधामुळे या हिरव्या स्फटिकाच्या इतिहासात एक नवे पान लिहिले गेले. मेक्सिको, पेरू आणि कोलंबिया येथील थडग्यांमध्ये या काळ्याशार हिरव्या स्फटिकांचे भांडार स्पॅनिश लुटारूंच्या हाती आले. थोडयाच कालावधीत हा अद्‌भूत खजिना लुटला गेला. बऱ्याच काळापर्यंत हे मौल्यवान स्फटिक ऊर्फ 'हिरे' कोणत्या खाणींमधून काढले जातात याचा मात्र त्याना पत्ता लागला नाही. पुढे सोळाव्या शतकाच्या मध्यास अमेरिका जिंकणाऱ्याना इंका लोकांचे हे रहस्य उलगडले आणि कोलंबियात एमेराल्डच्या खाणी दृष्टोत्पत्तीस आल्या.

कोलंबियातील अत्यंत देखण्या अशा एमेराल्डनी अगदी १९ व्या शतकापर्यंत बाजारपेठांवर आपले वर्चस्व गाजविले. १८३१ मध्ये मक्सीम कोझेवनिकोव नामक उराल पर्वतातील जळण गोळा करणाऱ्यास, टोकोव्हाया या लहानशा नदीच्या किनारी लाकूडफाटा गोळा करताना रशियन प्रदेशातील एमेराल्डचा

पहिला साठा सापडला. उरालमधल्या या तेजस्वी हिरव्या रंगातील एमेराल्डला त्वरित लोकप्रियता मिळाली आणि साऱ्या जगभरचे जवाहिरे त्याच्या विक्रीत रस घेऊ लागले.

बेरिलिअमच्या अनेक खनिजांपैकी एमेराल्ड हा एक प्रकार होय. त्याशिवाय, निळसर हिरव्या व समुद्रजलाच्या रंगाचे ॲक्वामरीन आणि गुलाबी रंगाचे व्होरोबायएव्हाइट, तांबूसपिवळे हेलियोॲर, सर्परंगी बेरिल, शुद्ध पाण्याच्या रंगातील फेनाकाइट, नाजुक निळ्या छटेचे युक्लेज, पारदर्शक हिरवे असे क्रिसोबेरिल आणि त्याचा ॲलेक्झांड्राइट हा एक विस्मयजनक प्रकार – जो दिवसा गर्द हिरव्या रंगाचा दिसतो आणि रात्री कृत्रिम प्रकाशात किरमिजी रंगात दिसतो. बेरिलिअमच्या मूल्यवान खड्यांचे वर थोडेसेच प्रकार सांगितले आहेत खरे, पण त्याच्या कुटुंबियांपैकी ते नावाजलेले आहेत.

पुढे पुढे वृत्तपत्रांमधून पुनःपुन्हा बातम्या येऊ लागल्या की भूस्तरशास्त्रज्ञांना खनिजांच्या शोधात जर कुणाची मदत होऊ लागली असेल तर ती... कुत्र्यांची! वासाच्या साहाय्याने कशाचा तरी शोध घेण्याची या चतुष्पाद प्राण्याची प्रवृत्ती मानवाच्या फार दीर्घकालीन परिचयाची आहे खरी पण त्यांच्या "भूस्तरशास्त्रीय ज्ञाना"बाबत काय म्हणता येईल? ह्या केसाळ आणि "खनिजशोधक" प्राण्यामार्फत काय काय शोधले जात असावे? भूस्तरशास्त्रात हा नवा मार्ग खुला करणारे डॉ. जी. ए. वसील्येव म्हणतात: "या नव्या प्रकाराबाबत सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीचे जे खनिज-संग्रहालय आहे ते आम्हास फार उपयोगी पडले. आमचे प्रयोग खासकरून बेरिलिअम धातूच्या संबंधात विशेष यशस्वी ठरले. आमच्या गिल्डा नामक कुत्रीस बेरिलिअमचे खनिज हुंगावयास दिले आणि मग साऱ्या खनिज-प्रकारांचा साठा तिच्यापुढे उघडा केला. कल्पना अशी की त्यामधून गिल्डाने नेमके पाहिजे तेच खनिज शोधून काढावे. गिल्डाने एमेराल्ड, ॲक्वामरीन, व्होरोबायएव्हाइट, फेनाकाइट, बर्ट्रंडाइट ही खनिजे निवडली; म्हणजेच बेरिलिअम असणारी खनिजेच काय ती दाखवून दिली. मग आम्ही इतर नमुन्यात बेरिलिअमची खनिजे विखरून टाकली आणि या कुत्रीने नेमकी अपेक्षित खनिजेच परत दाखविली. आम्ही पुन्हा तीस या कामास लावले. गिल्डाने संग्रहालयाभोवती

एक फेरी मारली आणि अखेर एमेराल्डचा एक मोठ्या आकाराचा नमुना जेथे प्रदर्शित केला होता त्याच्या काठावर पाय टेकले आणि भुंकू लागली."

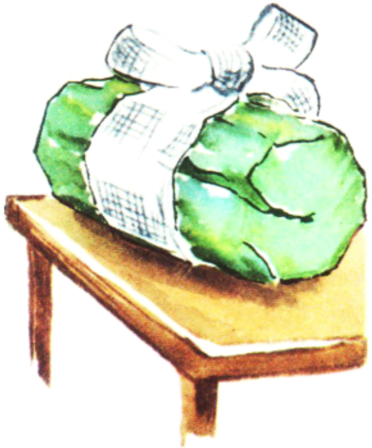
बेरिलिअमचा अंश असणाऱ्या साऱ्या खनिजांमध्ये बेरिल हेच काय ते औद्योगिकदृष्ट्या महत्त्वाचे आहे. निसर्गात बेरिलचे भल्या मोठ्या आकारातील स्फटिक सापडतात. त्यांचे वजन पाचपन्नास, शेपाचशे किंवा काही हजार कि. ग्रॅ. असू शकते. एका प्रचंड आकारातील स्फटिकाची लांबी ९ मीटर आढळली.

लेनिनग्रादमधील खनिकर्मासंबंधित वस्तुसंग्रहालयामध्ये दीड मीटर लांबीचा एक नमुना प्रदर्शित केलेला आहे. १९४२ च्या धुमःश्चक्रीत एक बॉंबगोळा या वस्तुसंग्रहालयाच्या सरळ छपरातून घुसून मुख्य दिवाणखान्यात पडला व त्याचा स्फोट झाला. त्यामुळे वरील स्फटिकाची फारच तूटफूट झाली आणि तो पुन्हा प्रदर्शनार्थ ठेवता येईल की नाही अशी शंका निर्माण झाली. पण काही वर्षांपूर्वी त्याची उत्तम प्रकारे डागडुजी करण्यात कलाकार यशस्वी ठरले. सध्या, प्लॅस्टिक काचेत घुसलेल्या बॉम्बगोळयाच्या दोन तुकडयांवर हा स्फटिक ठेवलेला असून त्याखाली, या घायाळ स्फटिकावर जी "शस्त्रक्रिया" केली गेली त्याची माहिती लिहिलेली आहे.

अत्यंत सुंदर अशा बेरिलिअम खडयानी केवळ रसिकानाच आकर्षित केले असे नाही तर या मौल्यवान खडयानी रसायनज्ञांचेही लक्ष वेधून घेतले. पण ही फारशी आश्चर्य वाटणारी गोष्ट नव्हे.

आज आवर्ती सारणीत चार क्रमांकांच्या जागी जे मूलद्रव्य पहावयास मिळते त्याबद्दल १८ व्या शतकात विज्ञानास काहीच माहिती नव्हती. बेरिलचे पृथक्करण करण्याचे अनेक शास्त्रज्ञानी प्रयत्न केले खरे पण त्यातील अज्ञात धातुचा सुगावा कोणालाच लागला नाही. या मूलद्रव्याचे (बेरिलिअमचे) गुणधर्म ॲल्युमिनिअम व त्याच्या संयुगांशी अगदी मिळतेजूळतेच असल्यामुळे ते ॲल्युमिनिअमच्या पाठीमागे जणू लपून राहत असावे असे म्हणावेसे वाटते. तरीसुद्धा, या दोहोंमध्ये काही फरक आहेतच आणि ते पहिल्यांदा जर कोणी ध्यानात घेतले असतील तर निकोलस लुईस व्हॅक्वेलिन या फ्रेंच रसायनज्ञाने. फ्रेंच क्रांतीपासून नव्याने सुरू झालेल्या कालमापनपद्धतीनुसार चौथ्या वर्षाच्या प्लुव्हिओजच्या २६ व्या दिवशी (म्हणजे १५ फेब्रुवारी १७८१ रोजी) फ्रेंच शास्त्र आकादमीच्या एका अधिवेशनात व्हॅक्वेलिनने मोठे सनसनाटी विधान सभेपुढे मांडले. बेरिल आणि एमेराल्ड यामध्ये, ॲल्युमिना अथवा ॲल्युमिनिअम ऑक्साईडपेक्षा वेगळे गुणधर्म असणारी 'माती' आहे असे त्याने प्रतिपादन केले. त्याच्या संयुगांच्या गोडसर चवीमुळे व्हॅक्वेलिनने या नव्या मूलद्रव्यास "ग्लुसिनिअम" असे नाव सुचविले. (ग्रीक भाषेतील "ग्लायकिज्" या शब्दाचा गोड असा अर्थ असून वरील नाव या शब्दावर आधारलेले आहे.) आज फक्त फ्रान्समध्ये हे नाव वापरले जाते आणि इतर सर्व देशात एम्. क्लॅप्रॉथ आणि ए. एकबर्ग या प्रसिद्ध रसायनज्ञानी सुचविलेले "बेरिलिअम" हे नाव वापरले जाते.

बेरिलिअम आणि ॲल्युमिनिअम यांच्यातील दाट साम्यामुळे मेंदेलेयेव या आवर्ती नियमाच्या जनकास बऱ्याच घोटाळयास तोंड द्यावे लागले. वस्तुस्थिती अशी की केवळ या साधर्म्यामुळेच, १९ व्या शतकात बेरिलिअम हा त्रिसायुज्या असणारा धातु समजला गेला व त्याचा अणुभार १३.५ ठरून परिणामी



कार्बन आणि नायट्रोजन यांच्यामध्ये त्याची जागा असणे क्रमप्राप्त ठरले. साहजिकच, मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मात नियमबद्ध बदल होण्याबाबत गोंधळ निर्माण झाला आणि खुद्द आवर्ती नियमाच्या अचुकतेबाबत शंका उत्पन्न झाली. या प्रकारातील खरेपणाबद्दल मेंदेलेयेवची पूर्ण खात्री झाली. बेरिलिअमचा अणुभार चुकीचा ठरविला गेला आहे, तसेच हे मूलद्रव्य त्रिसायुज्येचे नसून द्विसायुज्या असणारे आहे आणि मॅग्नेशिअमसदृश त्याचे गुणधर्म आहेत हे मेंदेलेयेवने दाखवून दिले. या मुद्यांवर बेरिलिअमचे वर्गीकरण त्याने दुसऱ्या क्रमांकाच्या गटात केले व त्याचा अणुभार ९ ठरविला. बेरिलिअम त्रिसायुज्या असणारे मूलद्रव्य आहे असा ग्रह झालेल्या एल्. निल्सन आणि ओ. पीटर्सन या स्विडिश रसायनज्ञाना लौकरच आपले मत बदलावे लागले आणि मेंदेलेयेवचा दृष्टीकोन योग्य असल्याचे त्याना पटले. बेरिलिअमचा अणुभार ९.१ आहे असे त्यांच्या काटेकोर संशोधनातून निष्पन्न झाले. अशा प्रकारे, आवर्ती सारणीत 'शांतताभंग' करू पाहणाऱ्या बेरिलिअममुळेच मूलभूत स्वरूपाच्या रासायनिक नियमाचा अखेर विजय झाला.

आपल्या इतर सहकाऱ्यांप्रमाणेच बेरिलिअमचे नशीब असल्याचे आढळते. १९२८ मध्ये एफ्. वोलर आणि ए. बझी यानी ते मुक्त अवस्थेत वेगळे केले खरे पण काही दशकांनंतरच पी. लेब्यू या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने त्याच्या वितळलेल्या क्षारांचे विद्युत्‌विच्छेदन करून या धातुची शुद्ध प्रत मिळविली. अगदी या शतकाच्या सुरुवातीसही रसायनशास्त्रीय ग्रंथांमध्ये "दुसऱ्यांच्या श्रमावर जगणारा" असा स्पष्ट आरोप बेरिलिअमवर केला गेला व "त्याचे कोणतेच व्यावहारिक उपयोग नाहीत" असे म्हटले गेले असल्यास त्यात नवल वाटू नये.

पण विसाव्या शतकातील विज्ञानाच्या घोडदौडीमुळे या आपल्या गैरवाजवी मताचा फेरविचार करणे रसायनज्ञाना भाग पडले. शुद्ध बेरिलिअमच्या अभ्यासातून असे निष्पन्न झाले की त्याच्या अंगी अनेक मौल्यवान गुणधर्म आहेत.

अति हलक्या धातूंपैकी एक असूनही बेरिलिअम उत्कृष्ट ताकदीचे आहे व ही ताकद बांधकामातील पोलादांपेक्षाही अधिक आढळते. शिवाय, मॅग्नेशिअम आणि ॲल्युमिनिअमपेक्षाही त्याचा उकळनबिंदू चांगलाच वरच्या तपमानातील आहे. या दोन गुणधर्मांचा संयोग फारच कायदेशीर ठरला असून त्यामुळेच विमानक्षेत्रात ते एक मूलभूत साहित्य ठरले आहे. बेरिलिअमपासून तयार करण्यात येणारे विमानांचे भाग ॲल्युमिनिअमपेक्षा दीड पटीने कमी वजनदार असतात.

उत्कृष्ट उष्णता वाहकता, उष्णता संचयनाची उच्च क्षमता आणि उष्णता रोधकता यामुळे बेरिलिअम व त्याच्या संयुगांचा वापर अवकाश अभियांत्रिकीत शक्य झाला आहे. अमेरिकन वृत्तपत्रीय अहवालानुसार ज्या फ्रेंडशिप-७ या अवकाशयानातून जॉन ग्लेन याने भ्रमण केले त्याचे नाकाड आणि खोलीची जमीन बेरिलिअममध्ये तयार करण्यात आली होती.

बेरिलिअमपासून तयार होणारे भाग आपली तंतोतंत घडण आणि काटेकोर आकार फार उत्तम प्रकारे टिकावू शकतात. यामुळेच ते अग्निबाणांची, अवकाशयानांची तसेच पृथ्वीच्या कृत्रिम उपग्रहांची स्थैर्यता राखणाऱ्या आणि दिशानिश्चिती करण्यास मदत करणाऱ्या गायरोस्कोप नामक उपकरणात खासकरून वापरले जातात.

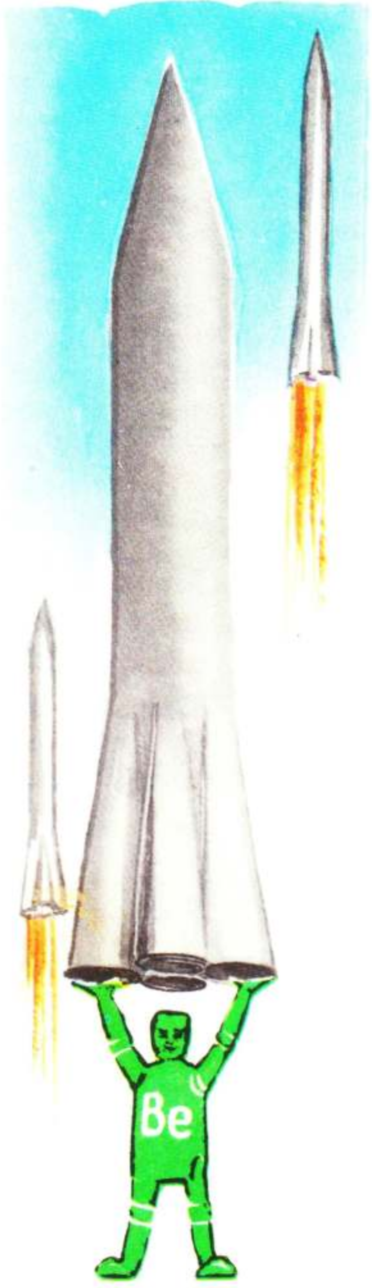
बेरिलिअमच्या आणखी एका खास गुणधर्मामुळे त्याच्या अवकाश तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रातील उपयोगास फार मोठा वाव आहे. बेरिलिअमचे ज्वलन होताना, दर किलोग्रॅमला १५००० किलोकॅलरी एवढी प्रचंड उष्णता बाहेर पडते. म्हणूनच, चंद्रावर आणि इतर ग्रहांच्या दिशेने होणाऱ्या उड्डाणात एक अत्यंत कार्यक्षम इंधन म्हणून त्याचा उपयोग अगदी शक्य आहे.

बेरिलिअम आणि तांबे यांच्या बेरिलिअम ब्रॉंझ नामक मिश्रधातूचे अनेक प्रकार विमान उद्योगात विस्तृतपणे वापरले जातात. त्यासाठी आवश्यक असणारी उच्च ताकद, सतत ताण सहन करण्यामुळे येणारी ग्लानी रोखण्याची क्षमता तसेच उत्कृष्ट

गंजरोधकता बेरिलिअम ब्राँझ मिश्रधातूंमध्येच आढळते. याखेरीज, विस्तृत तपमानमर्यादेत टिकणारी स्थितिस्थापकता, तसेच विद्युत् आणि उष्णतावाहकतेचा उच्च दर्जा हे गुणही या मिश्रधातूंमध्ये आहेतच. एक अंदाजी हिशेब असा की आधुनिक विमानांमध्ये १००० पेक्षाही जास्त भाग या मिश्रधातूंचे असतात. अंगच्या स्थितिस्थापकतेमुळेतर स्प्रिंग तयार करण्याचे उत्कृष्ठ साहित्य म्हणून बेरिलिअम ब्राँझ चांगलेच उपयोगी ठरले आहे. त्यापासून तयार करण्यात येणाऱ्या स्प्रिंगा ग्लानी ऊर्फ उलटसुलट येणाऱ्या ताणाच्या दुष्परिणामास जवळजवळ मुळीसुद्धा दाद देत नाहीत. या स्प्रिंगा ताणाची २०००००००० आवर्तने "हसत" सहन करतात.

जाता जाता, या स्प्रिंगासंबंधित एक कुतुहलजनक हकिकत सांगावीशी वाटते. दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळात जर्मनीतील उद्योग बेरिलिअमच्या कच्च्या द्रव्यांआभावी लंगडे पडले. या युद्धोपयोगी धातूचे सारे उत्पादन अमेरिकेच्या हाती एकवटले होते. जर्मन लोकानी मग लबाडी करण्याचे ठरविले. तटस्थ स्वित्झरलँड देशाच्या मदतीने बेरिलिअम ब्राँझची चोरटी आयात करण्याचा त्यानी बेत केला. स्वित्झरलँडमधल्या घड्याळनिर्मात्यांमार्फत त्यानी अमेरिकन कारखान्यांकडे या मिश्रधातूची भलीमोठी मागणी नोंदविली, एवढी की साऱ्या जगास घड्याळांच्या स्प्रिंगाचा पुढील ५०० वर्षे सहज पुरवठा करता यावा. ही लबाडी लौकरच उघडकीस आली खरी पण पुढील सर्व काळात हिटलरच्या नव्या विमानांमध्ये वेगाने भडिमार करू शकणाऱ्या बंदुका बेरिलिअम ब्राँझच्या स्प्रिंगा असणाऱ्या आढळल्या.

अनेक धातु व मिश्रधातूंमध्ये ग्लानीचा "व्यवसायांतर्गत आढळणारा दोष" पहावयास मिळतो आणि त्यामुळे ते हळूहळू शिथिल होऊन उलटसुलट येणारे वजन अथवा ताण सहन करण्यास असमर्थ ठरतात. पण पोलादात अल्पशा प्रमाणातही बेरिलिअम मिसळल्यास हा दोष, जादूची कांडी फिरविल्याप्रमाणे नाहीसा होतो. साध्या कार्बनयुक्त पोलादापासून तयार केलेल्या मोटारीतील स्प्रिंगा ताणाच्या ८००-

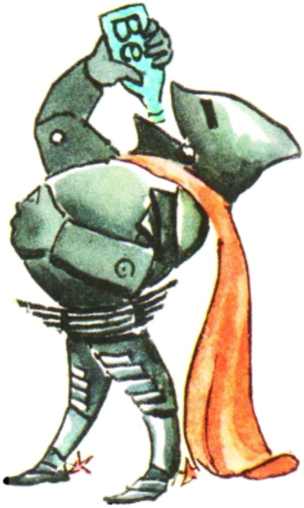


८५०००० आवर्तनांमुळे तुटतात तर "जीवनसत्त्व बी ऊर्फ बेरिलिअम"ची मात्रा पोलादास दिली असता याच स्प्रिंगा ग्लानीदोष न दाखविता १४०००००० आवर्तने लीलया सहन करतात.

दगडावर अथवा इतर धातूंवर बेरिलिअम ब्राँझ आपटले तरी पोलादाप्रमाणे ठिणग्या उडण्याची मुळीसुद्धा भीती नसते. म्हणूनच, खाणींमध्ये, दारूच्या कारखान्यात, तेलांच्या साठ्यामध्ये अथवा जेथे जेथे स्फोट होण्याची भीती असते तेथे तेथे पोलादी अवजारांऐवजी बेरिलिअम ब्राँझची अवजारे अत्यंत अपरिहार्य ठरली आहेत.

बेरिलिअममुळे मॅग्नेशिअमच्या गुणधर्मात तीव्र फेरफार घडतात. मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंमध्ये अगदी अल्पसे, म्हणजे केवळ ०.०१ टक्का बेरिलिअम मिसळले तरी पुरेसे असते. त्यामुळे ओत कामाच्या वेळी (म्हणजे ७०० अंश से. तपमानात होणाऱ्या या कामाच्या वेळी) ह्या मिश्रधातूंची आग पकडण्याची प्रवृत्ती टळते. शिवाय, बेरिलिअममुळे, हवेत आणि पाण्यात गंजण्याची त्यांची प्रवृत्ती मोठ्या प्रमाणात घटविली जाते ते वेगळेच.

बेरिलिअम आणि लिथिअम यांच्या मिश्रधातूना भविष्यकाळात फार मोठी कामगिरी करता येईल. या दोन अत्यंत हलक्या धातूंच्या हातमिळवणुकीमधून पाण्यात न बुडणाऱ्या मिश्रधातूंची निर्मिती होणे अगदी शक्य वाटते.




पोलादाचे ऑक्सिडिकरण रोखणारे म्हणून बेरिलिअम अत्यंत उपयोगी आहे, पण त्याची किंमत फारच असल्यामुळे असा वापर होण्यास मर्यादा पडतात. (एक कि. ग्रॅ. बेरिलिअमची किंमत १५० अमेरिकन डॉलर्स आहे आणि ही किंमत टँटॅलम, निओबिअम किंवा झिर्कोनिअम यांच्या किंमतीच्या मानाने अधिकच असून याहीपेक्षा स्वस्त अशा रूप्याबाबत तर विचारच नको.)

धातुशास्त्रज्ञानी बेरिलिअमचा आणखी एक महत्त्वपूर्ण उपयोग विकसित केला आहे. पोलादी भागाच्या पृष्ठभागी या धातूचा दाट थर दिल्यास (पृष्ठभागाचे "बेरिलिकरण" केल्यास) त्यांची कठीणता चांगलीच वाढते, तसेच ताकद आणि झीज रोखण्याच्या कामीही ते अधिक प्रभावी बनतात.

क्ष-किरण तंत्रज्ञांचे मतही बेरिलिअमबाबत अतिशय अनुकूल आहे. हवेच्या दुष्परिणामास रोखणाऱ्या इतर कोणत्याही धातूपेक्षा बेरिलिअममधून क्ष-किरण अधिक उत्तम प्रकारे आरपार जाऊ शकतात. आजकाल साऱ्या जगभर, क्ष-किरण नलिकांतील "खिडक्या" बेरिलिअमच्याच असतात. पूर्वी याच कामासाठी वापरल्या जाणाऱ्या ॲल्युमिनिअमपेक्षा बेरिलिअमची पारदर्शकता सतरा पट अधिक भरते.

अणु-संरचनेच्या सैद्धांतिक विचारांमध्ये प्रगल्भता आणण्याच्या कामी बेरिलिअमने महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावली आहे. बेरिलिअमवर आल्फा-कणांचा भडिमार करताना व्ही. बॉथी आणि जी. बेकर या भौतिकशास्त्रज्ञाना असे आढळले की तथाकथित "बेरिलिअम किरणोत्सार" हा जरी फार दुर्बल स्वरूपाचा असला तरी त्याची भेदनक्षमता लक्षात घेण्याजोगी आहे; कित्येक सें. मी. जाडीच्या शिशातून तो आरपार जातो. पुढे १९३२ मध्ये इंग्रज शास्त्रज्ञ जेम्स चॅड्विक यानी या किरणोत्साराचे स्वरूप निश्चित केले आणि तो विद्युत्‌दृष्ट्या उदासीन अशा कणांचा स्रोत आहे असे सिद्ध केले. त्यातील प्रत्येक कणाचे वस्तुमान जवळजवळ प्रोटॉन-

एवढेच असते. या नव्या कणाना "न्यूट्रॉन" हे नाव दिले गेले.

विद्युत्भाराचा अभाव असणारे न्यूट्रॉन, इतर मूलद्रव्यांच्या केंद्रकात सहजपणे शिरू शकतात. त्यांच्या या गुणधर्मामुळे अणुशस्त्रांसाठी (उदा. तोफा, इ.) एक अत्यंत परिणामकारक आच्छादन म्हणून न्यूट्रॉन ओळखले जातात. आजकाल अणुप्रक्रिया सुरू करण्यासाठी न्यूट्रॉन-बंदुकांचा मोठा वापर केला जातो.

बेरिलिअमच्या अणुरचनेच्या अभ्यासातून असे निष्पन्न झाले की त्याचा न्यूट्रॉन शोषून घेण्याचा गुणधर्म खूपच खालच्या स्वरूपाचा आहे. तसेच हे अणु विखुरण्याची (त्यामार्फत मूलभूत कणांची मार्गक्रमण दिशा बदलण्याची) त्याची प्रवृत्ती अधिक असून वेगही इतपत आहे की त्यायोगे साखळी-प्रक्रिया अधिक परिणामकारक ठराव्यात. सर्व कठीण पदार्थांमध्ये, न्यूट्रॉनचा वेग कमी करण्यास बेरिलिअम एवढे उत्कृष्ट साहित्य नाही. तसेच, न्यूट्रॉन परावर्तित करून ते अणुभट्टीच्या कार्यप्रवण भागात परत नेण्यास आणि अशाप्रकारे त्यांची गळती रोखण्याच्या कामी बेरिलिअमसारखे उत्कृष्ट साहित्य नाही. त्याचप्रमाणे त्याची किरणोत्सार-रोधकता अगदी उच्च तपमानातही टिकणारी अशी वैशिष्टचपूर्ण आहे. या साऱ्या असामान्य गुणधर्मांमुळे अणुक्षेत्रात बेरिलिअम हे अत्यावश्यक ठरल्यास त्यात नवल नाही.

बेरिलिअमची ध्वनिवहनाची क्षमता विज्ञानक्षेत्रात मोठीच लक्षवेधक ठरते. ध्वनीची हवेतील गती दर सेकंदास ३३० मी. असून पाण्यात १४५० मी. आहे. बेरिलिअममध्ये ध्वनीचा वेग उच्चांक गाठणारा म्हणजे सेकंदास १२५०० मी. आहे.

बेरिलिअम ऑक्साईडचे गुणधर्मही मोठे मौल्यवान आहेत. त्याची उच्च दर्जाची उष्णतारोधकता (वितळणबिंदू २५७० अंश से. आहे), रसायनांचे दुष्परिणाम रोखण्याची क्षमता आणि उच्च दर्जाची उष्णतावाहकता यामुळे विद्युत्भट्ट्यांच्या अस्तरांसाठी आणि धातु व मिश्रधातु वितळविण्याच्या मुशींसाठी

ते का वापरले जाते ते सहज ध्यानात येईल. याप्रकारे, निर्वात अवस्थेत बेरिलिअम वितळविण्यासाठी बेरिलिअम ऑक्साईडच्या मुशी वापरल्या जातात व या दोघांमध्ये कोणतीच प्रक्रिया घडून येत नाही. अणुभट्ट्यांमध्ये जे इंधन वापरले जाते त्याभोवतालच्या आवरणासाठी बेरिलिअम ऑक्साईड हे एक मूलभूत साहित्य आहे.

बेरिलिअमच्या अंगी असणाऱ्या उष्णता-निरोधनाच्या गुणामुळे ते बहुधा या ग्रहाची अंतर्स्तरीय जडणघडण जाणून घेण्यासाठी वापरले जाईल असे अगदी शक्य वाटते. ३२ कि. मी. खोलीनजीकच्या अभ्यासासाठी ध्वनिपरावर्तन तंत्राचा वापर केला जाईल. त्यासाठी लघुरूप अणुभट्टी असणारी जी "अणु-सुई" वापरली जाणार आहे त्यावर बेरिलिअम ऑक्साईडचे आच्छादन राहील.

नामवंत शास्त्रज्ञ ए. इ. फर्समान यांची भविष्यवाणी अशा प्रकारे सत्यसृष्टीत उतरली आहे. बेरिलिअमबद्दल ज्या आशाअपेक्षा व्यक्त केल्या गेल्या त्या सार्थ असल्याचे या धातूने अल्पावधीतच सिद्ध केले. दुर्मिळ स्वरूपाच्या आणि विशेष माहिती नसणाऱ्या या धातूस, विसाव्या शतकातील अत्यंत महत्त्वाचा धातु असे बिरूद प्राप्त झाले आहे.

# ३. ग्लानिरोधक धातु

किमयागारांची डोकेदुखी – "पाण्यात दडलेले सत्य" – "परिसा"च्या ऐवजी – दारूकाम नाही – जळत्या आगकाडीत – जलसंत्रास – पृथ्वी-प्रावरणाच्या खालच्या स्तरात – "पर्वतीय कातडे" – कोणती पद्धत चांगली? – वरूणराजाने निश्चिंत रहावे – प्रत्येकाचा स्वत:चा वाटा – कठीण समस्यांच्या छायेत – धातुविज्ञानाच्या जगात – वाट पहावी लागणार नाही – "एक, दोन, तीन!" आणि लख्ख प्रकाश! – अधिक महत्त्वाच्या क्षेत्रात – अंड्याच्या कवचात – अधिक फळे खा – अभिशोषाचा धोका – "मुलगा की मुलगी?" – गायींचे अनुकरण करावे का? – नवे उष्णतारोधक साहित्य – ग्रिन्यॅर्डचा हातभार – खरी कामगिरी तर पुढेच!

कुप्रसिद्ध 'परिसा'चा शोध लावणे ही मध्ययुगीन किमयागारांची मोठीच डोकेदुखी ठरली होती. पायाभूत आणि स्वस्त अशा धातूंचे सोन्यात रूपांतर करणे या दगडामुळे शक्य होईल असा त्यांचा ठाम विश्वास होता.

हा शोध घेण्याचे काम प्रत्येकजण आपापल्या परीने व वेगवेगळ्या दिशानी करीत होता. काहींची अशी समजूत होती की शिशात लपलेला "तांबड्या रंगातील सिंह" मोकळा होईपर्यंत ते तप्त करून (म्हणजेच वितळण बिंदूपर्यंत तापवून) नंतर ते द्राक्षाच्या कडक दारूत (अल्कोहोलमध्ये) उकळावयाचे, त्यातूनच परीस तयार करण्याचे कच्चे द्रव्य उपलब्ध होते. इतराना जनावरांचे मूत्र उपयुक्त वाटत होते, तर काहींच्या मते याबाबतचे सत्य पाण्यात दडले होते.

१८ व्या शतकाच्या अखेरीस, वरील शेवटच्या गटात असणाऱ्या एका किमयागाराने, एप्सम नामक गावाजवळ सापडणारे खनिजजल घेऊन ते उकळले. पण या प्रयत्नात त्यास परीस मिळण्याऐवजी कडू आणि विरेचक गुणधर्माचे एक संयुग मिळाले. काही वर्षानी असे आढळले की ह्या संयुगाची जेव्हा "कायम स्वरूपी अल्क द्रव्याशी" (त्याकाळी सोडा व पोटॅश यांचा असा उल्लेख करत) प्रक्रिया होते तेव्हा पांढरी, भुसभुशित आणि हलक्या वजनाची पावडर तयार होते. गंमत अशी की ग्रीसमधील मॅग्नेशिऑन गावी सापडणारे खनिज भाजले असता अगदी अशीच पावडर मिळे. या साधर्म्यामुळे एप्सम सॉल्टला पांढरे मॅग्नेशिआ असे नाव मिळाले.

१८०८ मध्ये सर हंफ्री डेव्ही या सुप्रसिद्ध इंग्लिश शास्त्रज्ञाने पांढऱ्या मॅग्नेशिआचे पृथःक्करण केले व त्यायोगे एक नवे मूलद्रव्य उजेडात आणले. डेव्हीने त्यास मॅग्नेशिअम असे नाव दिले. या निमित्ताने जो आनंदोत्सव साजरा केला गेला त्यामध्ये शोभेच्या दारूकामाचा अंतर्भाव नव्हता. नव्याने सापडलेल्या या मूलद्रव्याचा अशा कामी फार उत्कृष्ट उपयोग आहे हे त्यावेळी लोकाना ठाऊकच नव्हते.

मॅग्नेशिअम हा अगदी हलका व रूपेरी शुभ्र रंगाचा धातु असून त्याचे वजन तांब्याच्या एकपंचमांश आणि लोहाच्या ४.५ पट कमी भरते. विमानांचा धातु—ॲल्युमिनिअम सुद्धा मॅग्नेशिअमपेक्षा दीडपट अधिक वजनदार आहे. त्याचा वितळणबिंदू काहीसा कमी म्हणजे ६५० अंश से. असला तरी सर्वसाधारण परिस्थितीत तो वितळविणे महाकठीण काम आहे. याचे कारण असे की हवेत त्याचे ५५० अंश से. तपमान होताच त्यातून ज्वाला बाहेर फेकल्या जातात आणि तो ताबडतोब जळतो. यावेळी अगदी डोळे दिपविणारा प्रकाश पडतो. (यामुळेच मॅग्नेशिअम शोभेच्या दारूकामात मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते.) मॅग्नेशिअमचे ज्वलन होण्यासाठी फक्त पेटलेली काडी त्यास लावली म्हणजे पुरे. क्लोरिनमध्ये तर सर्वसाधारण तपमानासही त्यातून ज्वाला बाहेर पडतील. ते जळताना उष्णतेबरोबरच डोळ्याना न दिसणारा जंबुपार प्रकाश ऊर्फ किरण बाहेर पडतात. केवळ चार ग्रॅम मॅग्नेशिअम इंधनातून बाहेर पडणारी उष्णता पेलाभर थंडगार पाणी उकळविण्यास पुरेशी आहे.

हवेत उघडे ठेवलेले मॅग्नेशिअम तात्काळ निस्तेज बनते, कारण त्यावर ऑक्साईडचा पापुद्रा तयार होतो. पण या पापुद्र्यामुळे पुढील ऑक्सिडीकरण रोखले जाते.

मॅग्नेशिअम चांगलेच "लुटारू" प्रवृत्तीचे आहे. अनेक मूलद्रव्यातील ऑक्सिजन व क्लोरिनचा अंश ते आधाशासारखे हिरावून घेते. तथापि, काही अम्ले, सोडा, दाहक अल्क, पेट्रोल ऊर्फ गॅसोलिन, रॉकेल आणि खनिज तेले यांचे दुष्परिणाम जरी ते उत्कृष्टपणे रोखत असले तरी समुद्रजलापुढे त्याचे काहीच न चालता ते त्यात विरघळते. थंड पाण्याबरोबर त्याची कोणतीच प्रक्रिया होत नाही पण उष्ण पाण्याशी संबंध येताच पाण्यातील हायड्रोजन त्वरेने वेगळा होतो.

पृथ्वीचे कवच मॅग्नेशिअमने समृद्ध म्हटले पाहिजे, त्यात या धातूचे प्रमाण २.३ टक्के आढळते. मेंदेलेयेवच्या सारणीतील त्याचे केवळ सहा मित्रच

निसर्गात यापेक्षा अधिक प्रमाणात सापडतात. शास्त्रज्ञाना असा विश्वास वाटतो की भूप्रावरणाच्या खालच्या थरांमध्ये या मूलद्रव्याचे मोठाले साठे असावेत. आपणास माहीत असणाऱ्या निदान दोनशे खनिजांचा मॅग्नेशिअम हा एक घटक आहे. त्यापैकी एक खनिज प्रकार फारच आश्चर्यकारक आहे. रूमालाप्रमाणे त्याची घडी करता येते, कागदाप्रमाणे तो गुंडाळता येतो आणि चिंध्यांप्रमाणे तो फाडता येतो.

सुमारे २० वर्षांपूर्वी सोविएत संघाच्या अति पूर्वेस या खनिजाचा मोठा आगळा नमुना सापडला. वेगवेगळया धातूंचे अस्तित्व असणाऱ्या खाणविभागात कामगाराना एक छोटीशी गुहा आढळली. तीमध्ये, छतापासून टांगलेल्या स्थितीत मध्यभागी दुपदरी 'पडदा' त्याना आढळला. तो सुमारे दीड मीटर लांब व एक मीटर रूंद होता आणि स्पर्शास कातडयाप्रमाणे अगदी नरम, गुळगुळीत आणि लवचिक होता. या "कापडाचा" हलकेपणा तर फारच अविश्वसनीय होता.

हा विचित्र नमुना मॉस्कोला पाठविण्यात आला. त्याच्या रासायनिक पृथक्करणात असे आढळले की त्यामध्ये प्रामुख्याने मॅग्नेशिअमचे अल्युमिनोसिलिकेट हे संयुग आहे. खरे तर हे संयुग म्हणजे ॲस्बेस्टॉस गटातील पॅलिगोर्स्काइट नामक खनिज आहे. उराल पर्वतराजीतील पॅलगोर्स्क येथील साठ्यांमध्ये या शतकाच्या दुसऱ्या दशकात, ॲकॅडेमीशिअन फर्समान यानी त्याचा प्रथम शोध लावला. त्याच्या वैचित्र्यपूर्ण गुणधर्मामुळे "डोंगरी कातडे" असा त्याचा उल्लेख केला जातो. वर उल्लेखिलेला या खनिजाचा नमुना, सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीच्या खनिजशास्त्रीय वस्तुसंग्रहालयात ठेवला गेला असून जगात आजपावेतो सापडलेल्या सर्व नमुन्यांमध्ये तो सर्वात मोठ्या आकाराचा आहे.

मॅग्नेशिअमच्या उत्पादनासाठी वापरली जाणारी व औद्योगिकदृष्ट्या महत्त्वाची अशी तीन खनिजे म्हणजे मॅग्नेसाइट, डोलोमाइट व कार्नालाइट.

मॅग्नेशिअमचे उत्पादन दोन पद्धतींनुसार केले जाते, एक विद्युत्औष्णिक व दुसरी विद्युत्विच्छेदन. पहिल्या पद्धतीत मॅग्नेशिअम ऑक्साईडचे कार्बन, ॲल्युमिनिअम, इ. पदार्थांच्या साहाय्याने क्षपण केले जाते. ही पद्धत फारच सोपी असून उशिरा का होईना पण ती अधिक प्रमाणात वापरली जात आहे. पण आजही मॅग्नेशिअमच्या उत्पादनार्थ दुसरी पद्धतच प्रमुख ठरली आहे. तीनुसार, वितळलेल्या मॅग्नेशिअम लवणांचे, खासकरून क्लोराईडवर्गीय लवणांचे विद्युत्विच्छेदन केले जाते व त्यातून ९९.९९ टक्के मॅग्नेशिअम असणारा अगदी शुद्ध धातु मिळतो.

पण केवळ पृथ्वीचे प्रावरणच मॅग्नेशिअमने समृद्ध आहे असे मुळीच नाही. समुद्रजलात मॅग्नेशिअमचा जो साठा आहे तो जणू कधीच न संपणारा असून त्याची पुनःपुन्हा भरपाईही होत असते. अगदी एका घनमीटर समुद्रजलात सुमारे ४ किलो मॅग्नेशिअम असते. समुद्रांच्या साऱ्या पाण्यात $6 \times 10^{16}$ टन मॅग्नेशिअम विरघळलेल्या स्वरूपात आहे. गणिताशी वावडे असणाऱ्यासमुद्धा या आकड्याची कल्पना येण्यास हरकत नाही. तथापि, आकलनार्थ एक उदाहरण घेऊ या. आपल्या कालगणनेपासून आज-

पावेतो मानवजात $6\times10^{16}$ सेकंद जगत आहे. आपल्या जीवनाच्या अगदी पहिल्या दिवसापासून मानव समुद्रातील मॅग्नेशिअमचे उत्पादन करत आहे असे जरी समजले तरी सारा साठा संपण्यास दर सेकंदास त्याने दहा लाख टन मॅग्नेशिअम मिळविणे जरूरी आहे.

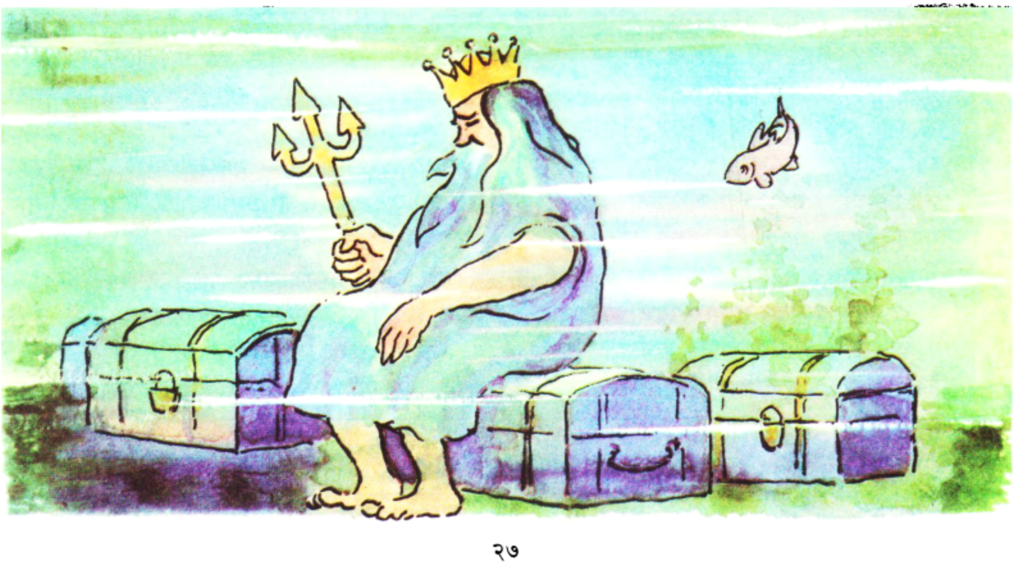
पण वरूणराजास आपल्या या संपत्तीबाबत चिंता करण्याचे काही एक कारण नाही, कारण अगदी दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळात मॅग्नेशिअमचे जे अत्यधिक उत्पादन होत असे ते वर्षास (सेकंदास नव्हे!) ८०,००० टनांपेक्षा जास्त नव्हते.

समुद्रजलापासून मॅग्नेशिअम मिळविण्याची पद्धत अगदी साधीसुधी आहे. मोठमोठ्या टाक्यांमध्ये समुद्रजलात प्रथम चुन्याची निवळी मिसळली जाते. "दुग्धरूप मॅग्नेशिअम" म्हणून ओळखले जाणारे हे मिश्रण नंतर मॅग्नेशिअम क्लोराईडमध्ये रूपांतरित केले जाते. नंतर विद्युत्विच्छेदनामार्गे क्लोरिनपासून मॅग्नेशिअम वेगळे केले जाते. थोड्याच काळापूर्वी, कुरिटा कोग्यो नामक एका जपानी कंपनीने, समुद्रजलाचा सर्वांगिण उपयोग करू शकणाऱ्या कारखान्याची आखणी केली आहे. एकंदर अंदाजानुसार, ४० लाख लिटर समुद्रजलावर होणाऱ्या प्रक्रियेतून १०८ टन खाण्याचे मीठ, २.२ टन ग्लॉबर सॉल्ट (स्फटिकरूप सोडिअम सल्फेट), १६.७ टन क्लोरिन आणि १५.९ टन मॅग्नेशिअम धातु मिळण्याची अपेक्षा आहे. याबरोबरच हा कारखाना ३० लाख लिटर गोड्या पाण्याची (पिण्यालायक पाण्याची) निर्मिती करेल व कॉस्टिक सोड्याच्या उत्पादनार्थ मोठ्या प्रमाणात खारे पाणी उपलब्ध करेल.

मॅग्नेशिअमसाठी खाऱ्या पाण्याची तळीही उपयोगी पडतील पण त्यामध्ये मॅग्नेशिअम क्लोराईड मात्र हवे (अशा पाण्यास नैसर्गिक खारे पाणी म्हटले जाते). सोविएत संघामध्ये असे साठे क्रिमिया (साकी व साहिक्-इव्हॅश सरोवरे), वोल्गा विभागात (एल्टन सरोवर) आणि इतर काही ठिकाणी आढळतात.

मॅग्नेशिअमच्या उत्पादनाबाबत आपण विचार केला खरा पण या मूलद्रव्याचे (धातूचे) व त्याच्या संयुगांचे उपयोग कोणकोणत्या क्षेत्रात व कशा प्रकारे होतात?

मॅग्नेशिअम वजनास हलके असल्यामुळे ते बांधकामाच्या उभारणीच्या कामी एक उत्कृष्ट साहित्य ठरू शकते. पण खेदाची गोष्ट अशी की शुद्ध मॅग्नेशिअम हे मृदु आणि अस्थिर स्वरूपाचे असते.



यावर उपाय म्हणजे मॅग्नेशिअम व इतर धातु यांचे मिश्रधातु तयार करणे. तंत्रज्ञानी हाच मार्ग अनुसरला. ॲल्युमिनिअम, जस्त आणि मँगेनीज यांचा वापर असलेले मॅग्नेशिअमचे मिश्रधातु मोठ्या प्रमाणावर वापरले जातात. या धातूच्या गुणधर्मात वाढ करण्यासाठी प्रत्येक घटक आपापल्या परीने उपयोगी पडतात. ॲल्युमिनिअम व जस्त यामुळे मॅग्नेशिअमची ताकद वाढते तर मँगेनीज त्याची गंजरोधकता वाढवितो आणि खुद्द मॅग्नेशिअम? त्यामुळे मिश्रधातु हलका बनतो. मॅग्नेशिअम मिश्रधातूंपासून तयार केले जाणारे विविध भाग ॲल्युमिनिअमपेक्षा २०-३० टक्क्यानी तर ओतीव लोखंडाच्या अथवा पोलादाच्या वस्तूंपेक्षा ५०-७५ टक्क्यानी हलके असतात. मोटार-उद्योगात, कापड-उद्योगात आणि मुद्रणव्यवसायात अशा मिश्रधातूना अधिकाधिक वाव मिळत आहे.

मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंमध्ये खरे पाहता इतर अनेक भागीदार असून यामुळे या मिश्रधातूची उष्णता रोधकता व तंतुक्षमता वाढते शिवाय ऑक्सिडीकरण होण्याच्या प्रवृत्तीतही घट होते. या भागीदारीत लिथिअम, बेरिलिअम, कॅल्शिअम, सीरिअम, कॅड्मिअम आणि टायटॅनिअम हे धातु आहेत. पण मित्रांप्रमाणेच मॅग्नेशिअमला काही शत्रूही आहेत. लोह, सिलिकॉन आणि निकेल यामुळे त्याच्या मिश्रधातूंचे यांत्रिक गुणधर्म निकृष्ट बनतात आणि गंजरोधकता कमी होते.

विमानउद्योगात मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंचा विस्तृतपणे वापर केला जातो. अगदी १९३५ मध्ये सोविएत विमानतंत्रज्ञानी सेर्गो ओर्झोनिकिद्झे नामक जे विमान बांधले त्यात ८० टक्के भाग मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंचे होते. कोणताही अडथळा न येता साऱ्या चाचण्यांमधून ते पार पडले आणि अगदी खडतर उपयोग होत असूनही ते दीर्घकाळ टिकले.

अनेक क्षेत्रात मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंवाचून अडेल. अग्निबाण, अणुभट्ट्या, निरनिराळ्या यंत्रसामग्रीतील भाग, पेट्रोल व तेलवाहक रेल्वेटाक्या, रेल्वेडब्यांचे सांगाडे, उतारू वाहक मोटारगाड्या, खाजगी मोटारी, तेलांचे पंप, निरनिराळी हातोड्यांसारखी अवजारे, छिद्रे पाडणारी व हवेवर चालणारी यंत्रे, कॅमेरे व द्विनेत्री अशा कितीतरी भिन्नभिन्न क्षेत्रात या मिश्रधातूंचा मोठाच वापर आहे. ही यादी मोठी परिपूर्ण नव्हेच नव्हे पण तीमुळे मॅग्नेशिअमचे महत्त्व चट्कन ध्यानात येईल.

धातुविज्ञानातही मॅग्नेशिअमचे खास उपयोग आहेत. अनेक धातूंच्या उत्पादनक्रियेत ते क्षपणक (खनिजातील धातु वेगळा करणारे साहित्य) म्हणून वापरले जाते. व्हॅनॅडिअम, क्रोमिअम, टायटॅनिअम आणि झिर्कोनिअम यांचा त्यामध्ये सामावेश आहे. वितळलेल्या लोहात ते मॉडिफायर म्हणून वापरतात व त्यायोगे लोखंडात यांत्रिक व बांधकामाच्या उभारणीसाठी उपयुक्त असे गुणधर्म निर्माण होतात. मॅग्नेशिअमचा मॉडिफायर म्हणून उपयोग केलेल्या लोखंडी ओतीव वस्तु, पोलादी घडीव वस्तूंपेक्षा अधिक सरस असतात व त्याऐवजी वापरता येतात. या उपयुक्ततेबरोबरच, पोलादाच्या व मिश्रधातूंच्या निर्मितीत ऑक्सिजनहारक म्हणून ते उपयोगी पडते. ऑक्सिजन हे एक अपकारक अशुद्ध द्रव्य असून मॅग्नेशिअममुळे त्याचे प्रमाण कमी केले जाते.

आपला नेहमीचाच अनुभव आहे की, रेडिओ अथवा टेलिव्हिजन सुरू केल्यावर काही सेकंदानी प्रत्यक्ष आवाज, चित्र दिसू लागते. कारण त्यातील इलेक्ट्रॉनिक व्हॉल्व ८०० अंश से. तपमान झाल्यावरच कार्यान्वित होतात. हा दोष दूर करण्यासाठी पोलिश शास्त्रज्ञानी असे सुचविले की त्यातील कॅथोड नामक भागांवर मॅग्नेशिअम ऑक्साईडचा थर द्यावा. या नव्या व्हॉल्व्हमुळे उपकरण सुरू करताच कार्यान्वित होते.

चूर्ण, तार, पट्टी अशा स्वरूपातील मॅग्नेशिअम जळताना पांढरी झगझगीत ज्योत निर्माण होते व प्रकाश पडतो. सैनिकी क्षेत्रात संदेश-यंत्रणा, खुणेच्या बंदुकींच्या गोळया, मार्गदर्शक गोळया, खुणांची देवाणघेवाण करण्याच्या कामी वापरले जाणारे बॉम्बगोळे व तत्सम प्रकार यामध्ये मॅग्नेशिअमचा महत्त्वपूर्ण वापर असतो. अगदी अलिकडच्या काळा-

पावेतो छायाचित्रण क्षेत्रात या प्रकाशदायक गुणामुळे मॅग्नेशिअमशिवाय चालत नव्हते. छायाचित्रकाराने छायाचित्र घेतेवेळी "एक, दोन, तीन!" असे म्हणताच लख्ख प्रकाश पडून चित्र टिपले जाई. या कामी मॅग्नेशिअमचे चूर्ण वापरून त्याचे ज्वलन होत असे. आता मात्र तीव्र प्रकाशाच्या विद्युत्दीपांमुळे हा वापर मागे पडला आहे.

तथापि. यामुळे मॅग्नेशिअमच्या लोकप्रियतेत वा उपयुक्ततेत काही कमतरता निर्माण झाली असे मुळीच नव्हे. इतर अनेक महत्त्वपूर्ण क्षेत्रात त्याचा उपयोग होतोच आहे. सौरऊर्जा साठविण्याच्या कार्यात मॅग्नेशिअमचा मोठा वाटा असतो. सौरऊर्जा शोषून घेऊन तिच्या साहाय्याने कार्बन डायॉक्साइड व पाणी यांचे जटील कार्बनी संयुगात (उदा. शर्करा, पिष्टमय व इतर) रूपांतर करणारा क्लोरोफिल नामक जो 'श्रेष्ठ रसायनशास्त्रज्ञ' आहे, त्याचा मॅग्नेशिअम हा एक घटक आहे. ही कार्बनी संयुगे माणसाच्या व प्राण्यांच्या पोषणास अत्यंत महत्त्वाची असतात. ती तयार होणाऱ्या या नैसर्गिक प्रक्रियेस प्रकाशसंश्लेषण अशी संज्ञा आहे. प्रकाशसंश्लेषणाच्या आभावी, म्हणजेच पर्यायाने क्लोरोफिलच्या आभावी जीवनाचे अस्तित्वच नष्ट होईल तर मॅग्नेशिअमशिवाय क्लोरोफिल अशक्य. त्यामध्ये दोन टक्के मॅग्नेशिअम असते. हे खूप झाले का? तुम्हीच विचार करा : एकूण वनस्पतींमध्ये $10^{11}$ टन मॅग्नेशिअम असावे असे तज्ज्ञ म्हणतात. त्याखेरीज इतर सर्व सजीव सृष्टीत – यात माणूसही आलाच – मॅग्नेशिअमचे अस्तित्व आहेच आहे. उदाहरणार्थ, ६० कि. ग्रॅ. वजनाच्या मानवी शरिरात सुमारे २५ ग्रॅम मॅग्नेशिअम असते.

अमेरिकेतील मिनेसोटा विद्यापीठातील संशोधकाना पूर्वीच असे आढळून आले आहे की अंड्यांच्या कवचात मॅग्नेशिअमचे प्रमाण जेवढे अधिक तेवढे ते जास्त टणक, ताकदवान असते. याचा अर्थ असा की अंडी घालणाऱ्या कोंबड्याना योग्य प्रकारचे (म्हणजे मॅग्नेशिअमचे भरपूर प्रमाण असणारे) खाद्य पुरविल्यास मिळणारी अंडी अधिक कणखर

कवचाची असणार. एकट्या मिनेसोटात दरवर्षी अंडी फुटण्यामुळे १० लाख डॉलरचे नुकसान होते. या दृष्टीकोनातून वरील शोधाचे शेतीउद्योगातील महत्त्व तात्काळ ध्यानी यावे.

औषधिक्षेत्रात मॅग्नेशिअमचा विस्तृत वापर केला जातो. विरेचक अशा एप्सम सॉल्टचा उल्लेख यापूर्वी केला गेला आहेत. शुद्ध मॅग्नेशिअम ऑक्साईड (भाजलेले मॅग्नेशिअम) जठरातील आम्लतेवर, हृदयदाहावर आणि अम्लाच्या विषारी परिणामावर इलाज करण्यासाठी वापरले जाते. मॅग्नेशिअम पेरॉक्साईड हे एक उत्कृष्ट जंतनाशक संयुग असून जठराच्या तक्रारींवर फार उपयुक्त आहे.

एकंदर गणतीनुसार असे आढळते की अगदी उत्तरेकडे राहणाऱ्या रहिवाशांमध्ये रक्तवाहिन्याचा संकोच होण्याचा दोष फार कमी प्रमाणात आढळतो. नेहमीचाच अनुभव आहे की शिरेमध्ये व स्नायूंमध्ये मॅग्नेशिअमच्या काही क्षारांच्या द्रावांची इंजेक्शने दिल्यास रक्त वाहिन्यांची ही संकोचनप्रवृत्ती व आचके (आकडी) उद्भवण्याची शक्यता कमी होते. काही फळांत व भाज्यांमध्ये (उदा. जरदाळू, पिअर, फुलकोबी, इ.) मॅग्नेशिअम भरपूर प्रमाणात असून मॅग्नेशिअम शरिरात योग्य प्रमा-

णात राहण्यासाठी अन्नात त्यांचा अंतर्भाव असणे जरूरीचे ठरते. ज्या भागात – उदा. आशियात – मॅग्नेशिअमचे प्रमाण जास्त असणाऱ्या खाद्यपदार्थांचा मोठा भाग असतो तेथे, युरोप-अमेरिकेच्या मानाने रोहिणीविलेपीविकार व इतर हृदयविकारांचे प्रमाण कमी आढळते.

हंगेरीमध्ये केल्या गेलेल्या प्रयोगांद्वारे असे निष्पन्न झाले की जीवात जर मॅग्नेशिअमची कमतरता असेल तर हृद्स्नायूंमध्ये अभिशोषाची व्याधी निर्माण होते. (ही व्याधी अशा भागात होणाऱ्या अपुऱ्या रक्तपुरवठ्यामुळे निर्माण होते.) या प्रयोगात, कुत्र्यांच्या एका गटास मॅग्नेशिअमसंपन्न खाद्य दिले गेले व दुसऱ्या गटास मॅग्नेशिअमविरहित खाद्य पुरविले गेले. प्रयोगान्ती दुसऱ्या गटातील प्राण्यांमध्ये वरील व्याधी निर्माण झाल्याचे आढळले.

ज्या लोकांमध्ये खिन्न होण्याचे, क्षुल्लक कारणानी मनःस्ताप वाढण्याचे प्रमाण अधिक असते त्यांच्यामध्ये हृदयाच्या व्याधींचे प्रमाण जास्त आढळते. यामागची वस्तुस्थिती अशी सांगितली जाते की ज्यावेळी क्षोभ निर्माण होतो तेव्हा शरिरातील मॅग्नेशिअमचे "ज्वलन" होते.

फ्रेंच जीवशास्त्रज्ञांच्या मते, सातत्यपूर्वक काम करण्याच्या अक्षमतेवर (ग्लानी अथवा शीण येणे) उपाय म्हणून वैद्यकशास्त्रात मॅग्नेशिअमचा यशस्वी वापर करता येईल. या संबंधीत प्रयोगातून सिद्ध झाले आहे की थकलेल्या माणसाच्या रक्तात मॅग्नेशिअमचे प्रमाण कमी असते. याउलट, शारीरिकदृष्ट्या सक्षम व्यक्तीच्या रक्तात ते अधिक प्रमाणात आढळते. मॅग्नेशिअमचे शरिरात जे सुयोग्य प्रमाण असावयास हवे त्यात थोडी जरी कमतरता पडल्यास धोकादायक दुष्परिणाम घडणे अगदी शक्य असते.

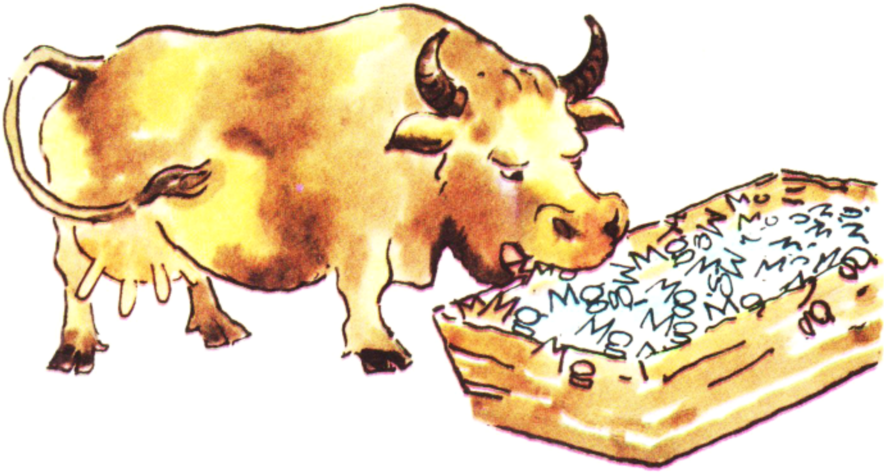
फ्रेंच जीवशास्त्रज्ञानी असेही दाखवून दिले आहे की जन्मास येणाऱ्या जीवाचा लिंगभेद काही मूलद्रव्यांच्या कमी अधिक प्रमाणावर अवलंबून असतो. असे दिसते की खाद्यात पोटॅशिअमचे प्रमाण अधिक असेल तर जन्माला येणारा जीव बहुधा पुल्लिंगी असतो, पण खाद्यात कल्शिअम व मॅग्नेशिअमचे अत्यधिक प्रमाण असेल तर स्त्रीलिंगी जीवच बहुधा जन्म घेतो. मातेला खास प्रकारचे खाद्य देऊन मुलगा किंवा मुलगीच होण्याचे निश्चित आश्वासन देण्याचे दिवस लौकरच येतील असे दिसते. पण त्याअगोदर, माणसाच्या बाबतीतही ही द्रव्ये समाधानकारकपणे उपयोगी पडून इच्छित परिणाम दाखवितील का हे पाहणे जरूरीचे आहे. कारण, वर जे निरीक्षण सांगितले गेले ते केले गेले आहे... गायींच्या बाबतीत.

वैद्यक-क्षेत्र काही एकुलते एक क्षेत्र नव्हे की ज्यात मॅग्नेशिअम-संयुगे मोठ्या प्रमाणात वापरली जातात. उदाहरणार्थ, रबर-उद्योगात आणि सीमेंट व उष्णतारोधक विटा यांच्यामध्येही मॅग्नेशिअम ऑक्साईड वापरले जाते. अलिकडेच, कॅनडातील एका उद्योगाने, मळीच्या दुष्परिणामास रोखणारे, उच्च ताकदीचे आणि अत्यल्प सच्छिद्रतेचे एक नवीन प्रकारचे उष्णतारोधक साहित्य ("न्यूकॉन" नाव दिलेले) विकसित केले आहे. अतिशुद्धतेचे मॅग्नेशिअम संयुग हा या नव्या साहित्याचा मूलभूत घटक आहे. कापडउद्योगात, कापड रंगरहित करण्यासाठी मॅग्नेशिअम पेरॉक्साईड (नोव्हेझॉन) वापरले जाते. कापड आणि कागद-उद्योगात रंगवि-

ण्याच्या कामी मॅग्नेशिअम सल्फेटचा रंगबंधक म्हणून उपयोग केला जातो. मॅग्नेशिअम क्लोराईडचा जलीय द्राव, मॅग्नेशिअम सीमेंटच्या निर्मितीत प्राथमिक महत्त्वाचा आहे. झायलोलिथ आणि इतर संश्लेषित पदार्थ निर्मिण्याच्या क्रियेतही ते वापरावे लागते. उष्णतारोधक आवरणांचे साहित्य तयार करण्यासाठी मॅग्नेशिअम कार्बोनेटचा वापर होतो.

कार्बनी रसायनशास्त्र हे मॅग्नेशिअमचे आणखी एक मोठे विस्तृत क्षेत्र होय. अनेक महत्त्वाच्या – उदा. अल्कोहोल, अॅनिलीन, इत्यादी – कार्बनी पदार्थांचे निर्जलीकरण साधण्यासाठी चूर्णरूप मॅग्नेशिअमचा वापर होतो. ऑरगॅनोमॅग्नेशिअम संयुगात त्याची भूमिका फार महत्त्वपूर्ण ठरते. (अशा संयुगात मॅग्नेशिअमचे अणु कार्बनअणूंशी प्रत्यक्ष जोडलेले असतात.) ही संयुगे विशेषत: हॅलाईडवर्गीय अल्किलमॅग्नेशिअम असतात ज्यांच्या जडणघडणीत हॅलोजेन मूलद्रव्ये (फ्ल्युओरिन, क्लोरिन, ब्रोमिन, आयोडिन व अॅस्टाटीन ही अधातुरूप मूलद्रव्ये) अंतर्भूत असतात. या संयुगाना "ग्रिनअॅर्ड विक्रियाकारक" असे संबोधिले जाते. त्यांचा संश्लेषणात्मक रसायनशास्त्रात अत्यंत व्यापक उपयोग केला जातो. हॅलाईडवर्गीय अल्किलमॅग्नेशिअम संयुगे आणि कार्बनी संयुगांच्या तत्संबंधात असलेले संश्लेषण या कार्यासाठी, त्याचे संशोधक, फ्रेंच रसायनज्ञ व्हिक्टर ग्रिनअॅर्ड याना १९१२ चे नोबेल पारितोषिक देण्यात आले आहे. ग्रिनअॅर्ड विक्रियाकारकांचे केवढे महत्त्व असते ते यावरून लक्षात येईल.

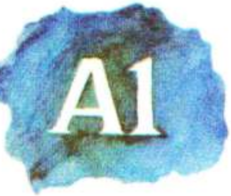
या सर्व विवेचनावरून हे स्पष्ट होते की निसर्गात आणि राष्ट्रीय अर्थव्यवस्थेत मॅग्नेशिअमचे स्थान फार महत्त्वाचे आहे. या मूलद्रव्यास जे जे काही करणे शक्य आहे ते ते सारे त्याने केले आहे असे आजच म्हणणे धाष्टर्याचे ठरेल. उदाहरणादाखल अगदी ताजी घडामोड ध्यानात घेऊ. लुना-२४ या अवकाश शोध-यानावर खडकाचे नमुने घेणारी, छिद्रे पाडणारी जी स्वयंचलित यंत्रसामग्री बसविली होती ती मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंमध्ये तयार करण्यात आली होती. थोडक्यात, मॅग्नेशिअमच्या मिश्रधातूंनी चंद्रास 'भेट' दिली, चांद्रखडकांचे नमुने मिळविण्यासाठी "खनिकर्मात" त्यानी "भाग घेतला"! खनिकर्म करणाऱ्या, छिद्रे पाडणाऱ्या या उपकरणास अत्यंत कडक, काटेकोर अपेक्षा पुऱ्या करणे जरूरी होते. प्रथमत: ते जेवढे हलके असेल तेवढे हवेच होते कारण लांबच्या प्रवासात एकेक किलोग्रॅम जास्तीचा, तेवढे जादा इंधन लागणार व खर्च होणार. दुसरी अपेक्षा ही की त्याचे सारे भाग निर्विवादपणे श्रेष्ठ ताकदीचे हवेत.



अगदी निर्णायक वा खडतर प्रसंगी जर ते उणे पडणार असतील तर अशा महत्त्वाच्या प्रवासास ते न पाठविणेच चांगले. पुढे निदर्शनास आले की चंद्रावरील अशा कामाचे क्षण खरोखरीच निर्णायक ठरतात.

खडकांचे नमुने घेणाऱ्या या स्वयंचलित यंत्रणेसाठी तंत्रज्ञानी अत्यंत हलक्या आणि उत्कृष्ट ताकदीच्या टायटॅनिअम व मॅग्नेशिअम यांच्या मिश्र-धातूंची निवड केली. अवकाश-प्रवासास पाठविण्या-पूर्वी पृथ्वीवर त्यांच्या कडक चाचण्या घेतल्या, त्यात अती कठीण स्वरूपाचा पर्वतही कोरून पाह-ण्यास ते चुकले नाहीत. या चाचण्या प्रथम सभोवताल-च्या नेहमीच्याच हवामानात घेतल्या गेल्या. नंतर मोठ्या आकारातील टाकीत, चंद्रसदृश निर्वात अवस्था निर्माण करून व तपमान ११० अंश से. (दिवसाचे) व उणे १२० अंश से. (रात्रीचे) ठेवून या उपकरणां-च्या चाचण्या घेतल्या गेल्या. या चाचण्या चांगल्याच यशस्वी ठरल्या आणि अखेर चांद्रखडकांचे नमुने आणून त्यांनी आपली योग्यता जगापुढे पूर्णपणे सिद्ध केली.

# ४. मातीपासून रूपे




टायबेरिअसने "धोका" दूर केला – प्रयोग पुढे चालूच राहिले – सम्राटाचा रूबाबदार कोट – पॅरिस प्रदर्शनातील आश्चर्य – सम्राटाकडील भोजन समारंभ – तिसऱ्या नेपोलिअनची धाडसी योजना – संरक्षक शिपायांचा नवा गणवेश – "जेथे पहावे तेथे ॲल्युमिनिअम" – मेंदेलेयेव यास पारितोषिक – ला ग्लेसिअरच्या रहिवाशांची तक्रार – चीनमधील थडग्याचे गूढ – एका अभियंत्याची दूरदृष्टी – "सोबत्यांच्या" शोधात – स्वतःच्या डोळयांवर विम्चा अविश्वास.

थोरला प्लिनी या प्राचीन इतिहासकाराने, सुमारे दोन हजार वर्षांपूर्वी घडलेली एक विचित्र घटना सांगितलेली आहे. एके दिवशी, रोमन सम्राट टायबेरिअस यास भेटण्यास एक अपरिचित व्यक्ती आली. त्या व्यक्तीजवळ सम्राटास भेट देण्यासाठी कोणत्यातरी धातूपासून बनविलेले रूपेरी रंगाचे, चमकते पण अति हलक्या वजनाचे पात्र होते. त्या माणसाने सम्राटाच्या कानावर घातले की हा नवा धातु मातीपासून मिळविण्यात आला आहे. एखाद्याचे कौतुक करण्याएवढे टायबेरिअसचे मन मोठे नव्हते आणि तो एक अदूरदर्शी राजा होता. या नव्या धातूमुळे, त्याच्या अप्रतिम गुण-धर्मांमुळे आपल्या सोन्याचांदीस किंमत राहणार नाही अशी त्यास भीती वाटली आणि त्या शोध-काचा शिरच्छेद करण्याची व त्याचा कारखाना नष्ट करण्याची त्याने आज्ञा केली. यामुळे, तो 'धोकादायक' धातु निर्माण करण्याच्या भानगडीत कुणी पडणार नाही किंवा त्याची जाणीवही होणार नाही असे त्यास वाटले.

ही घटना खरोखरीच घडली आहे की ती कल्पितकथा आहे हे सांगणे कठीणच आहे. काही असले तरी 'धोका' टळला खरा व दुर्दैवाने तो दीर्घकाळ टळला. पुढे १६ व्या शतकातच, म्हणजे सुमारे दीड हजार वर्षांनीच ॲल्युमिनि-अमच्या इतिहासाचे नवे पुष्प लिहिले गेले व ते लिहिले फिलिपस ऑरेलिअस थिओफ्रॅस्टस पॅरासेल्सस बंबॅस्टस फॉन होहोनहेम या नामांकित जर्मन वैद्याने.

तुरटीसह विविध प्रकारची खनिजे व पदार्थ यांचा अभ्यास करता पॅरासेल्सस याने असे दाखवून दिले की ती कोणत्यातरी प्रकारच्या तुरटीस्वरूप मातीची क्षारद्रव्ये आहेत. त्यापैकी एक घटक म्हणजे अज्ञात धातूचे ऑक्साईड आहे, ज्यास पुढे ॲल्युमिना असे म्हटले गेले.

पॅरासेल्ससला ज्या खनिजात स्वारस्य वाटले त्याची माहिती लोकाना फार पूर्वीपासून होती. ख्रि. पू. ५ व्या शतकात होऊन गेलेल्या हेरोडोटस या ग्रीक इतिहासकाराच्या मते, प्राचीन काळातील लोक "ॲल्युमेन" (म्हणजे "बांधणारे") नावाने ओळखला जाणारा खनिजप्रकार रंगकाम पक्के करण्यासाठी वापरत. जर्मन शास्त्रज्ञाने वापरलेला हाच खनिजप्रकार (तुरटी) होता.

रशियात सर्वप्रथम तुरटीचे उत्पादन ८ व्या-९ व्या शतकात केले गेले. तेथेही रंगविण्याच्या कामासाठी व मोरोक्को कातडे तयार करण्यासाठी तुरटीचा वापर केला जात असे. मध्ययुगात युरोप-मध्ये तुरटीचे अनेक कारखाने उभारले गेले.

१७५४ मध्ये, मार्ग्राफ या जर्मन रसायन-शास्त्रज्ञास पॅरासेल्ससने २०० वर्षांपूर्वी उल्लेख केलेली "तुरटीमय माती" अलग करण्यात यश मिळाले. तथापि, तुरटीत लपलेला धातु, डेव्ही या इंग्रज माणसाने वेगळा करण्याचा प्रयत्न करेप-र्यंत कित्येक दशके उलटली. १८०७ मध्ये डेव्हीने सोडिअम व पोटॅशियमचा, विद्युतविच्छेदनमार्गे शोध लावला पण याच मार्गे ॲल्युमिनाचे विघटन करणे त्यास जमले नाही. कित्येक वर्षांनंतर असेच प्रयत्न बर्झेलिअस या स्वीडनवासी रसायनज्ञाने केले खरे पण ते व्यर्थ ठरले. जरी हा धातु प्रत्यक्ष मिळविता आला नव्हता तरी पण त्याचे नामकरण करण्याचे शास्त्रज्ञानी ठरविले. प्रथम बर्झेलिअसने त्यास "ॲल्युमिनम" म्हटले आणि पुढे डेव्हीने "अल्यु-मिनिअम" असा बदल केला.

प्राचीन रोममधल्या त्या व्यक्तीप्रमाणेच धातुरूप ॲल्युमिनिअम मिळविण्यात डेन्मार्कचे रसायनज्ञ ओर्स्टेड याना प्रथम शक्य झाले. १८२५ मध्ये एका रसायनशास्त्रीय मुखपत्रात त्यानी आपला लेख प्रसिद्ध केला व त्यामध्ये आपले प्रयोग यशस्वी होऊन कथिलासारखा रंग व चमक असणारा धातु मिळाला असे नमूद केले. पण ते मुखपत्र फारसे प्रचारात नसल्यामुळे ओर्स्टेडचे संशोधन वैज्ञानिक वर्तुळात पसरलेच नाही. ओर्स्टेड स्वत: आपल्या विद्युत्चुंबकीय संशोधनात मग्न असल्यामुळे त्यानेही आपल्या शोधास फारसे महत्त्व दिले नाही.

दोन वर्षानंतर ओर्स्टेडची कोपनहॅगेनमध्ये वोलर

या तरूण पण चांगलाच बोलबाला झालेल्या जर्मन रसायनज्ञाने भेट घेतली. त्यावेळी ओर्स्टेडने वोलरला सांगितले की ॲल्युमिनियमच्या निर्मितीबाबत आपले प्रयोग पुढे चालू ठेवण्याची आपली इच्छा नाही. पुढे जर्मनीस परतल्यावर वोलरने ॲल्युमिनियमच्या निर्मितीचे संशोधन लगेच सुरू केले कारण या प्रश्नाने त्यास चांगलेच घेरले होते. १८२७ च्या अखेरीस या नव्या धातूच्या उत्पादनाची पद्धत त्याने एका निबंधात प्रसिद्ध केली. हे खरे की आपल्या पद्धतीने वोलर ॲल्युमिनियम धातुरूपात वेगळे करू शकला पण कणरूपात मिळालेल्या या धातूचे कण टाचणीच्या डोक्यापेक्षा मोठे नव्हते. तरी पण, या धातूचा सघन गोळा मिळेपर्यंत वोलरने आपले प्रयत्न चिकाटीने चालूच ठेवले व त्यात १८ वर्षे गेली.

या वेळेपावेतो या नव्या धातूचा चांगलाच बोलबाला झाला व त्याने अफाट लोकप्रियता मिळविली. तथापि ते फारच अल्प प्रमाणात उत्पादित होत असल्यामुळे त्यास सोन्यापेक्षाही जादा किंमत मोजावी लागे, शिवाय ते मोठ्या कष्टाने मिळे.

यामुळेच, एका महाराजाने जेव्हा ॲल्युमिनियमची मौल्यवान बटणे असणारा कोट घालून मिरविण्यास सुरुवात केली तेव्हा ही चैन न परवडणाऱ्या अनेकांकडे त्याने तुच्छतापूर्वक पाहिले असल्यास नवल वाटू नये. अशी मौल्यवान, दुर्मिळ बटने बाळगणाऱ्याकडे असूयेने पाहण्याखेरीज व तसे भाग्य उदयास येईपर्यंत वाट पाहण्याखेरीज दुसरे काहीच इतराना करता आले नाही.

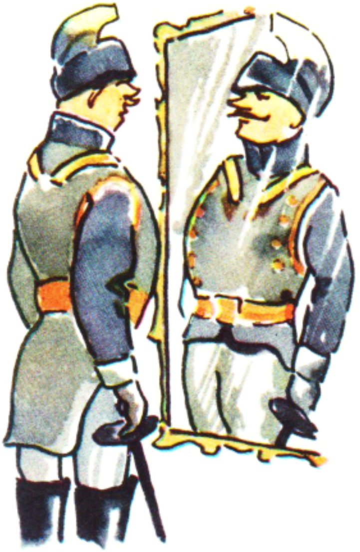
पण आपणास फार वाट पाहण्याची आता गरज राहिली नाही हे ध्यानात येताच त्यांच्या आनंदास पाराव राहिला नाही. १८५५ मध्येच पॅरिस येथे भरलेल्या जागतिक प्रदर्शनात या "मातीपासून मिळविण्यात आलेल्या रूप्याच्या" वस्तू प्रदर्शित करण्यात आल्या. त्यामध्ये ॲल्युमिनियमच्या थाळ्या नमेच ठोकळे होते. या वस्तू फ्रेंच शास्त्रज्ञ व उद्योगपती सेंट क्लेअर दव्हिल याने उत्पादित केल्या होत्या.

या प्रदर्शनीय वस्तू लोकांपुढे येण्यापूर्वी अनेक घटना घडल्या होत्या. फ्रान्सवर त्यावेळी ३ ऱ्या नेपोलियनची सत्ता होती. "श्रेष्ठ काकाचा खुळा पुतण्या" असे त्याचे वर्णन केले जाई. त्याला रूबाब गाजविण्याची, संपत्तीचे प्रदर्शन करण्याची फार हौस होती. एक दिवस त्याने राजघराण्यातील कुटुंबियाना व काही प्रसिद्ध व्यक्तीना भोजन दिले व त्यावेळी काहीना त्याने ॲल्युमिनियमच्या काटेचमच्याने भोजन करण्याचा मान दिला. त्याच्या दृष्टीने कमी दर्जाचे लोक मात्र नेहमीप्रमाणे सोन्यारूप्याच्या साहित्यानिशी जेवले. हा सारा प्रकार त्याना अतिशय खुपला. पण काहीच उपाय नव्हता कारण खुद्द सम्राटदेखिल साऱ्याना या मौल्यवान धातूचे साहित्य पुरविण्यास असमर्थ होता.

लौकरच, ज्यायोगे कीर्ती व महत्त्व प्राप्त होईल अशी एक धाडसी योजना त्याने आखली. त्याने आपले सैन्य ॲल्युमिनियमच्या शस्त्रास्त्रानी सज्ज करावयाचे ठरविले. त्यामुळे आपले ऐश्वर्य सर्वांना

दिसून येईल आणि इतरांचे नाक खाली होईल असे त्याला वाटत होते ; खरे तर हा आनंद त्यास मिळवावयाचा होता. सेंट क्लेअर दव्हिल यास त्याने भरपूर साधनसामग्री व पैसा पुरविला आणि मोठ्या प्रमाणात ॲल्युमिनियमचे उत्पादन करण्यास सांगितले. वोलरचीच उत्पादनपद्धत पाया-भूत धरून दव्हिलने नवीन पद्धत अंमलातही आणली. तथापि, तयार होणारा धातु अद्यापीही महागच पडत होता. त्यामुळे सैन्यदलास ॲल्युमिनियममधील शस्त्रसंभार पुरविणे अशक्य ठरले. तेव्हा सम्राटाने, सर्व सैन्य नाही तर निदान आपल्या संरक्षक शिपायाना ॲल्युमिनियमने सजविण्याचे ठरविले आणि हे संरक्षक दल, छातीवर ॲल्युमिनियमचे कवच चढवून कवायती करू लागले.

याच सुमारास "दव्हिलचे रूपे" पॅरिसच्या जाग-तिक प्रदर्शनात मांडले गेले. संयोजकानी ॲल्युमिनि-यमचा "एक व्यापारी धातु" म्हणून जरी उल्लेख केला होता तरी त्यामुळे हा धातु सहजगत्या उपलब्ध होण्यास कोणतीच मदत झाली नाही. तथापि, त्यावेळच्या जाणात्या लोकांच्या निश्चि-तपणे ध्यानात आले की केवळ बटणे आणि छातीवरील



संरक्षक कवचांपुरताच ॲल्युमिनियमचा वापर मर्या-दित राहणार नसून त्याच्या भावी उपयोगांच्या तुलनेने ते क्षुल्लकच ठरावेत.

या संबंधात एक फार मौजेची घटना १८८९ मध्ये घडलेली आहे. मेंदेलेयेव लंडनमध्ये आले असता त्याना रसायनशास्त्रातील त्यांच्या अद्वितीय कामगिरीबद्दल एक मूल्यवान भेट देण्यात आली. सोने आणि ॲल्युमिनियमचा तो तराजू होता!

मध्यंतरी फ्रान्सच्या दव्हिलने, ज्यास जगातील ॲल्युमिनियम उत्पादनाचा पहिला कारखाना म्हणता येईल, अशा कारखान्याच्या उभारणीस मोठ्या इर्षेने सुरुवात केली. ला ग्लेसिएर येथे कारखाना उभा राहणार होता. पण उत्पादनक्रियेच्या वेळी विषारी धुराची मोठ्या प्रमाणात निर्मिती होत होती व त्यांमुळे सारे वातावरण दूषित होत होते. ला ग्लेसिएरचे रहिवासी, तांत्रिक प्रगतीपायी आप-ल्या बहुमूल्य शरीरस्वास्थाचा नाश करण्यास तयार नव्हते व त्यानी सरकारकडे तक्रार केली. त्यामुळे कारखाना प्रथम पॅरिसनजिकच्या नान्तेरी गावी हलविण्यात आला व पुढे देशाच्या दक्षिणेकडे नेला गेला.

यावेळेपावेतो अनेक शास्त्रज्ञांची धारणा झाली की दव्हिलच्या प्रयत्नांबद्दल काही दुमत नसले तरी त्याच्या पद्धतीस पुढे काही वाव नाही. निरनिराळ्या देशातील रसायनशास्त्रज्ञ आपापल्या परीने प्रयत्न करीतच राहिले. १८६५ मध्ये प्रसिद्ध रशियन रसायनशास्त्रज्ञ बेकेतोव यानी एक अभिनव पद्धत सुचविली आणि फ्रान्स (रोएन येथे) व जर्मनी (गेमलिंजेन व ब्रेमेन) येथील ॲल्युमिनि-यमच्या कारखान्यात तिचा अवलंब होण्यास सुरुवात झाली.

१८८६ हे वर्ष ॲल्युमिनियमच्या इतिहासात मोठे वैशिष्ट्यपूर्ण ठरले. त्या वर्षी हॉल या अमेरि-कन विद्यार्थ्याने आणि फ्रेंच इंजिनियर हेरॉल्ट यानी आपापल्या परीने स्वतंत्र अशी विद्युत्‌विच्छेदी पद्धत शोधून काढली. ही कल्पना तशी काही नवीन नव्हती. यापूर्वी १८५४ मध्ये जर्मन रसायन-

शास्त्रज्ञ बुनसेन याने सुचविले होते की ॲल्युमिनियमच्या क्षारांचे विद्युत्विघटन साधून हा धातु मिळविता येणे शक्य आहे. पण त्याची कल्पना प्रत्यक्ष व्यवहारात उतरण्यास तब्बल तीस वर्षे लागली. या पद्धतीनुसार ॲल्युमिनियमचे उत्पादन करण्यास फार मोठ्या प्रमाणात विद्युत्शक्ती लागत असल्यामुळे अशा प्रकारचा पहिला कारखाना न्यूहॉसेन ( स्वीट्झरलॅंड ) जवळ ऱ्हाईन नदीच्या धबधब्यानजिक उभारला गेला. या ठिकाणी ऊर्जेचा स्वस्त पुरवठा शक्य होता.

आज, शंभर वर्षानंतरही विद्युत्विघटनाव्यतिरिक्त इतर मार्गाने ॲल्युमिनियमचे उत्पादन करणे ही कल्पनाही शक्य नाही. या वस्तुस्थितीमुळे, एक गूढ प्रकार ध्यानात आल्यावर शास्त्रज्ञांवर चकित होण्याची वेळ आल्यास नवल नाही. चीनमध्ये ३ ऱ्या शतकात होऊन गेलेल्या चाऊ-चू या प्रसिद्ध सैनिकी नेत्याच्या थडग्यात जो एक अलंकार सापडला त्याचे वर्णपटीय पृथःक्करण अलिकडेच करण्यात आले. त्यावरून असे सिद्ध झाले की ज्या मिश्रधातूपासून तो अलंकार तयार केला गेला होता त्यातील ८५ टक्के घटक ॲल्युमिनियम धातु होता. हा मोठा अनपेक्षित व अविश्वसनीय प्रकार होता की हे पृथक्करण पुनःपुन्हा केले गेले व तपासले गेले. दर वेळी हेच सिद्ध झाले की त्या प्राचीन कारागिरांनी तो अलंकार ॲल्युमिनियमपासूनच तयार केलेला आहे. पण ३ ऱ्या शतकात ॲल्युमिनियम धातु मिळविणे कोणत्या प्रकारे शक्य झाले? मानवाला विद्युत्शक्तीची जी काही माहिती होती ती केवळ आकाशातील चमचमत्या, कडाडणाऱ्या विजेचीच. या विजेचा माणूस काही व्यावहारिक कामासाठी उपयोग करेल हे अगदीच असंभवनीय. या बाबतीत फार तर एवढेच म्हणता येईल की त्या प्राचीन काळातील लोकांना ॲल्युमिनियमच्या उत्पादनाची इतर कोणतीतरी पद्धत माहीत असली पाहिजे. काळाच्या ओघात तिचा मागमूसही राहिला नाही हे आपले दुर्दैव!

गतशतकाच्या आठव्या दशकात ॲल्युमिनियमच्या चरित्रात आणखी एका महत्त्वपूर्ण घटनेचे पुष्प लिहिले गेले. त्यावेळी रशियात काम करीत असणाऱ्या बेअर या ऑस्ट्रियाच्या रसायनशास्त्रज्ञाने ॲल्युमिना या ॲल्युमिनियम-उत्पादनासाठी लागणाऱ्या कच्च्या मालाची निर्मिती करण्याचे स्वतंत्र, मूलभूत तंत्र शोधून काढले. ह्या बेअर-पद्धतीला साऱ्या जगभर लगेच मान्यता मिळाली आणि आजही ती महत्त्वपूर्ण ठरली आहे.

त्या वर्षांमध्ये ॲल्युमिनियमचे उत्पादन द्रुत गतीने वाढत होते आणि पूर्वी मौल्यवान ठरलेल्या या धातूची किंमतही भराभर उतरू लागली होती. १८५४ मध्ये एक कि. ग्रॅं. ॲल्युमिनियमला १२०० रूबल मोजावे लागत होते तर त्या शतकाच्या अखेरी अखेरीस ती एक रूबल झाली. मोन्याचांदीच्या व्यापाऱ्यांचे ॲल्युमिनियममध्ये असणारे स्वारस्य संपुष्टात आले आणि पुढे या धातूने उद्योगधंद्याना आकर्षित केले. तो काळ उद्योगधंद्यांच्या भरभराटीचा होता. विविध यंत्रसामुग्री भराभर

उपयोगात येत होती आणि मोटार-उद्योगाने नुकतेच पदार्पण केले होते. याहीपेक्षा महत्त्वाच्या अशा विमान-उद्योगास सुरुवात झाल्यामुळे ॲल्युमिनियमला फार मोलाची कामगिरी बजाविण्याची मोठीच संधी लाभली.

१८९३ मध्ये मॉस्को येथे प्रसिद्ध झालेल्या आपल्या "ॲल्युमिनियम व त्याचे धातुशास्त्र" या पुस्तकात रशियन इंजिनिअर झुकोव म्हणतात: "तांत्रिक क्षेत्रात यापुढे ॲल्युमिनियमला फार मोलाची कामगिरी करावयाची असून अनेक रूढीबद्ध धातूंची जागा ते नक्कीच घेईल..." झुकोव यांचे हे म्हणणे सर्वार्थाने खरे होते: एव्हाना या "मातीपासून मिळविण्यात येणाऱ्या रूप्याचे" अत्यंत उपयुक्त गुणधर्म माहीत झालेच होते. ॲल्युमिनियम हे अत्यंत हलक्या धातूंपैकी एक असून तांब्यापेक्षा एक-तृतियांश आणि लोखंडापेक्षा २.९ पट ते अधिक हलके भरते. रूपे, सोने व तांबे यांच्यापेक्षा त्याची उष्णतावाहकता व विद्युत्वाहकताच काय ती कमी आहे. सर्वसाधारण परिस्थितीत हा धातु चांगला टिकावू व रासायनिक दुष्परिणाम रोखणारा आहे. केवळ ३ मायक्रॉन जाडीचा पातळ कागद तयार करता येण्याएवढी त्याची प्रसरणशीलता असून कोळ्याच्या धाग्याएवढी त्याची तार काढता येते. (अशा १००० मीटर लांबीच्या तारेचे वजन २७ ग्रॅम भरेल व ती सर्व एका काडयापेटीत भरता येईल.) ॲल्युमिनियमची ताकद व कणखरपणाच काय तो कमी पडतो. पण त्यामुळेच, इतर उपयुक्त गुणधर्मांना बाध न आणता त्याची ताकद कशी वाढविता येईल इकडे शास्त्रज्ञांचे लक्ष वळले.

फार पूर्वीपासून एक वस्तुस्थिती माहीत झाली आहे की अनेक मिश्रधातूंची ताकद त्यांच्यामध्ये अंतर्भूत असणाऱ्या शुद्ध धातूंपेक्षा कितीतरी पट अधिक भरते. हे ध्यानात घेऊनच धातुशास्त्रज्ञानी, ॲल्युमिनियमला असे "मित्र" भेटतात काय व त्यांच्या मदतीने ताकदीत वाढ होईल काय याचा शोध घेण्यास सुरुवात केली. या प्रयत्नात यश येणारच होते आणि विज्ञानाच्या इतिहासात अनेक वेळा योगायोगाने जसे यश मिळाले आहे तोच प्रकार या बाबतीतही घडला. पण वाटले तेवढ्या सहजतेने हे घडले नाही. प्रत्यक्ष हकिकतच पाहू या.

एक दिवस (विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीचा तो काळ होता) जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ विम् याने तांबे, मॅग्नेशिअम व मँगॅनीज हे घटक असणारा ॲल्युमिनियमचा मिश्रधातु तयार केला. तो शुद्ध ॲल्युमिनियमपेक्षा निश्चित ताकदवान होता पण विमला वाटले की दृढीकरणाचे तंत्र वापरून त्याची ताकद आणखी वाढविता येईल. आपल्या मिश्रधातूचे काही नमुने ६०० अंश से. तपमानाच्या आसपास त्याने तापविले आणि पाण्यात बुडविले. यामुळे, अपेक्षेनुसार त्या मिश्रधातूची ताकद जरूर वाढली पण वेगवेगळ्या नमुन्यांबाबत भिन्नभिन्न निष्कर्ष मिळाल्यामुळे विम् बुचकळ्यात पडला. मोजमापासाठी वापरलेले उपकरण तर अचूक नसेल ना अशी शंका त्यास आली.

उपकरणाच्या तपासणीत त्याने बरेच दिवस घालविले. मिश्रधातूचे नमुने टेबलावरच पडून होते. जेव्हा उपकरण मोजमापाच्या कामासाठी योग्य ठरले तेव्हा नमुने परत तपासता ते पूर्वीपेक्षा अधिकच ताकदवान झाल्याचे दिसून आले. विम्चा

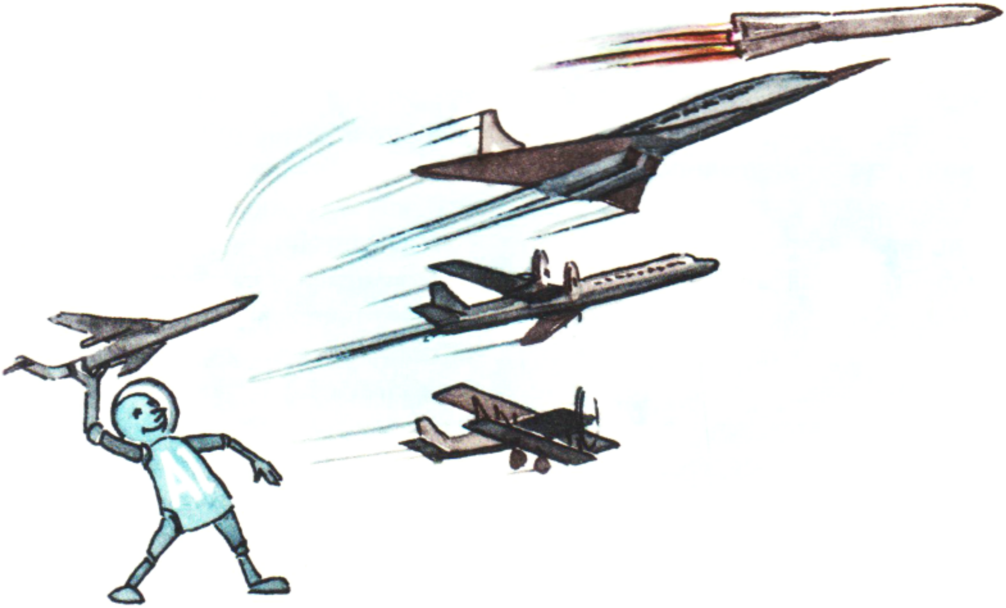
स्वतःच्या डोळ्यांवर विश्वासच बसेना. नमुन्यांची ताकद जवळजवळ दुपटीने वाढली होती.

विम्‌ने पुनःपुन्हा प्रयोग केले आणि त्यास असे आढळले की दृढीकरणाच्या क्रियेनंतर ५-७ दिवसांच्या कालावधीत या मिश्रधातूच्या ताकदीत वाढ होत राहते. हा आश्चर्यजनक आविष्कार पाहून विम् थक्क झाला. द्रुतशितनानंतर (त्वरित थंड करण्याच्या क्रियेनंतर) ॲल्युमिनियम मिश्रधातूंच्या बाबतीत जे कालानुरूप गुणवर्धन किंवा कालप्रभावन घडून येते त्याचा हा नैसर्गिक आविष्कार होय.

हे कालप्रभावन घडताना नेमके काय होत असावे याची विम्‌ला मुळीसुद्धा कल्पना नव्हती पण अनेक प्रयोगांती या मिश्रधातूतील घटकांचे नेमके प्रमाण त्याने नक्की केले. तसेच कसकसे उष्णतोपचार करावयाचे हे ठरवून आपल्या शोधाचे त्याने स्वामित्वहक्क मिळविले व एका जर्मन कारखान्यास ते विकूनही टाकले. १९११ मध्ये या कारखान्यातर्फे विम्‌च्या मिश्रधातूचा पहिला हप्ता बाहेर पडला आणि त्यास "ड्युराल्युमिनियम" असे व्यापारी नाव दिले गेले. (हा कारखाना ड्यूरेन या गावी असल्यामुळे वरीलप्रमाणे नामकरण झाले). पुढे "ड्युराल्युमिन" या नावाने ते ओळखले जाऊ लागले.

१९१९ मध्ये ड्युराल्युमिनपासून तयार करण्यात आलेली पहिली विमाने आकाशात उडाली. तेव्हापासून विमानउद्योग आणि ॲल्युमिनियम याचे अतूट नाते निर्माण झाले. "पंखधारी धातु" अशी या धातूची झालेली कीर्ती अत्यंत सार्थ ठरते. तथापि, आज अनेक प्रचंड विमाने दिसत असली तरी या सुरुवातीच्या काळात ड्युराल्युमिन खर्चिकच होते आणि कित्येक छोटी, हलकी विमाने लाकडापासूनच तयार होत.

सोविएत संघात कोल्चुगिनो हाच अलोह धातूंचा कारखाना काही प्रमाणात ॲल्युमिनियम तयार करीत असे. त्यापैकी "कोलचुगाल्युमिनिअम" हा मिश्रधातु ड्युराल्युमिन-सदृश होता. मोठ्या प्रमाणात



ॲल्युमिनियमचे उत्पादन कसे करावयाचे हा एक प्रश्नच होता.

१९२९ च्या सुरुवातीस लेनिनग्राद येथील 'क्रास्नी विबोर्झेत्स' या कारखान्यात उत्पादनाबाबत प्रयोग केले गले. ते पी. पी. फेदोत्येव या विख्यात संशोधकाच्या मार्गदर्शनाखाली केले गेले. या "पंख-धारी धातूच्या" इतिहासाची अनेक पाने फेदोत्येव यानी लिहिलेली आहेत.

२७ मार्च १९२९ रोजी या प्रयोगांद्वारे ॲल्युमिनियमच्या पहिल्या आठ किलोग्रॅमचे उत्पादन झाले. या घटनेबाबत फेदोत्येव लिहितात: "सर्वस्वी देशांतर्गत उपलब्ध असणाऱ्या कच्च्या मालापासून आणि वोल्खोव नदीच्या विद्युत्‌शक्तीच्या साहाय्याने तयार झालेले हे उत्पादन म्हणजे सोविएत संघातील ॲल्युमिनियमच्या उत्पादनाचा जन्मदिनच समजला पाहिजे."

लेनिनग्रादच्या वृत्तपत्रानी असा आग्रह धरला की ॲल्युमिनियमच्या उत्पादनातील पहिला ठोकळा वस्तुसंग्रहालयात सन्मानपूर्वक जतन करावा व सोविएत तंत्रविज्ञानाचे एक अद्वितीय प्रतीक म्हणून जपण्यात यावा. 'क्रास्नी विबोर्झेत्स' येथील ॲल्युमिनियम व त्यापासून तयार करण्यात आलेल्या काही वस्तु, लेनिनग्रादच्या कामगारांतर्फे सोविएत संघाच्या कम्यु. पक्षाच्या पाचव्या अधिवेशनास भेट म्हणून देण्यात आल्या.

या यशस्वी प्रयत्नांमुळे वोल्खोव आणि नायपर ॲल्युमिनियम कारखाने उभारण्यास सुरुवात झाली. त्यापैकी पहिल्यात १९३२ साली उत्पादन सुरू झाले व त्यानंतर दुसऱ्या वर्षी दुसऱ्या कारखान्यात उत्पादन होऊ लागले.

याच काळात उराल पर्वतराजीत ॲल्युमिनियम खनिजाचे संपन्न साठे उघडकीस आले. त्यांचा शोध लागण्यामागे एक मोठी मजेदार हकिकत आहे. १९३२ मध्ये, एन. ए. कार्झाविन या तरुण भूस्तरशास्त्रज्ञाचे लक्ष उराल खाणीतल्या एका खनिजाच्या नमुन्याकडे वेधले. तो नमुना, लोहाचे प्रमाण कमी असणाऱ्या लोहखनिजाचा असावा अशी समजूत होती. त्या नमुन्याचे ॲल्युमिनियमच्या बॉक्साईट या खनिजाशी असणारे साम्य फार जाणवले. डोंगरात आढळणाऱ्या मातीच्या अशा साठ्यामध्ये ॲल्युमिनियमचे प्रमाण विपुल असते. कार्झाविनने नमुन्याचे पृथक्करण करताच असे दिसून आले की ते 'लोहखनिज' म्हणजे ॲल्युमिनियमसाठी असणारा उत्कृष्ट कच्चा पदार्थ आहे. साहजिकच मूळ नमूना जेथे सापडला होता त्या भागात संशोधन सुरू झाले आणि त्यात यश मिळण्यास फार वेळ लागला नाही.

नव्याने सापडलेल्या या साठ्यांमुळे "उराल ॲल्युमिनियम कारखाना" उभारला गेला व त्यापाठोपाठ काही वर्षातच (दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळात) बोगोस्लोव्स्की कारखाना उभा राहिला. ९ मे १९४५ च्या ऐतिहासिक विजयदिनाच्या सुमूहूर्तावर त्यामधून ॲल्युमिनियमचे उत्पादन सुरू झाले.

आज सोविएत संघात या "पंखधारी धातूचे" उत्पादन करणारे अनेक कारखाने आहेत. पण मागणीही सातत्याने वाढतच आहे. विमानउद्योगात हा धातु साहजिकपणेच प्रामुख्याने वापरला जात असून विमाने व क्षेपणास्त्रे यांच्या उभारणीत तो क्रमांक एकचा ठरला आहे. विमानात त्याचा भाग, दोन-तृतियांश ते तीन-चतुर्थांश वजनाचा असतो आणि क्षेपणास्त्रात त्याचा वाटा एक-विसांश ते एक-द्वितियांशपर्यंत असणे अगदी शक्य आहे.

पहिल्या सोविएत कृत्रिम उपग्रहाचे कवच ॲल्युमिनियमच्या मिश्रधातूंपासून तयार केले गेले. पहिले अमेरिकन कृत्रिम उपग्रह अंतराळात पाठविण्यासाठी टायटन व व्हॅनगार्ड हे अग्निबाण ॲल्युमिनियमच्याच मिश्रधातूंपासून तयार केले गेले. त्यानंतरच्या अवकाशयानांच्या बांधणीत हे मिश्रधातूच वापरण्यात आले. अनेक भागांसाठी त्यांचा वापर होतो.

१९६० मध्ये अमेरिकेतर्फे एको-१ हा रेडिओलहरी परावर्तित करू शकणारा भला मोठा फुगा वातावरणात सोडण्यात आला. तो ३० मीटर व्यासाचा आणि पॉलिस्टरच्या प्लॅस्टिक-कापडावर

ॲल्युमिनियमच्या थर देऊन (ॲल्युमिनियमची वाफ वापरून) तयार केला गेला. त्याच्या प्रचंड आकाराच्या मानाने वजन मात्र ६२ कि. ग्रॅ. होते.

सूर्यापासून येणाऱ्या विद्युत्भारित कणांच्या अभ्यासासाठी जो उपग्रह सोडण्यात आला त्यावर शुद्धतम ॲल्युमिनिअमचा पातळ पापुद्रा चढविण्यात आला होता. अनुस्फुरक (स्वयंप्रकाशी) पडदा म्हणून तो उपयोगी होता. नील आर्मस्ट्रॉंग व एडविन् ॲल्ड्रिन हे दोघे अमेरिकन अंतराळवीर जेव्हा चंद्रावर उतरले तेव्हा त्यानी असाच तक्ता जमिनीवर अंथरला आणि दोन तास तसाच ठेवला. त्यायोगे सूर्यापासून प्रसृत होणाऱ्या वायूंचा अभ्यास करणे शक्य होणार होते. नंतर पृथ्वीकडे परतण्याच्या वेळी त्यानी तो तक्ता व चांद्रखडकांचे नमुने, ॲल्युमिनियमच्याच खास खोक्यात बंद केले.

अंतराळ अन्वेषणाप्रमाणेच खोल समुद्रातील संशोधन करण्याच्या कामीही ॲल्युमिनियमशिवाय चालणार नाही. काही वर्षांपूर्वी अमेरिकन इंजिनियरानी ॲल्युमिनॉट नावाची पाणबुडी बांधली व ती ४६०० मीटर खोलीपर्यंत जाणारी होती. अति खोलवर जाणाऱ्या या जहाजाची उभारणी नेहमीप्रमाणे पोलादात न करता ॲल्युमिनियमचे मिश्रधातु वापरून करण्यात आली.

फ्रान्सने समुद्रप्रवास करणारे ३१५ मीटर लांबीचे, ५०,००० टन पाणी सारणारे व २००० प्रवासी नेऊ शकणारे जहाज बांधले असून त्यातील अनेक महत्त्वपूर्ण भाग व फर्निचरसुद्धा ॲल्युमिनियमपासून तयार करण्यात आले आहे.

ॲल्युमिनियमच्या उपयोगांचे क्षितिज एकसारखे विस्तारत आहे. विद्युत-उद्योग हे ॲल्युमिनियमच्या खपाचे एक प्रमुख क्षेत्र असून उच्च दाबाच्या विद्युत्वाहक तारा, मोटारी व इतर यंत्रसामग्रीतील तारा गुंडाळलेले भाग, विविध कामासाठी वापरले जाणारे साहित्य, यांत्रिक भाग अशा विस्तृत कामासाठी ते वापरले जाते.

वाहतूकक्षेत्रात तर ॲल्युमिनियमचा फार बोलबाला झाला आहे. सध्या सोविएत संघात अति-जलद रेलगाडीचे बांधकाम चालू असून ते अधिकांशाने ॲल्युमिनियममध्ये आहे. "रशियन त्रायोस्का" असे या गाडीचे काव्यमय नाव राहील आणि टीयू जेट विमानांचा उड्डाणसमयी जो वेग असतो त्या वेगाने ती धावेल. हे प्रायोगिक वाहन अनेक चांचण्यातून पार गेले आहे. २०० टनांचा दाब त्यावर आणला गेला, तीव्र कंपने निर्माण करण्यात आली; या व इतर प्रकारच्या चाचण्यांमध्ये हे वाहन, त्यातील ॲल्युमिनियम टिकूनच राहिले. लवकरच रशियन त्रायोस्का या विस्तीर्ण देशाच्या एका टोकाकडून दुसऱ्या टोकाकडील आपला पहिला प्रवास करण्यास निघेल. या दिवसाची फार काही वाट पहावी लागणार नाही.

गंजकारक परिणामाना ॲल्युमिनियम अत्युत्कृष्टपणे रोखून धरते. त्याच्या पृष्ठभागावर तयार होणाऱ्या अत्यंत पातळ (०.०००१ मिलिमीटर जाडीचा!) पापुद्र्यामुळे हा गुणधर्म त्यास प्राप्त होतो. हा पापुद्रा म्हणजे ऑक्सिजनपासून या धातूचे रक्षण करणारे चिलखतच म्हटले पाहिजे. या संरक्षक पापुद्र्याअभावी, अगदी हवेतसुद्धा ते पेटले असते व त्याच्या धगधगीत ज्वाला पहावयास मिळाल्या असत्या. या चिलखतामुळेच रासायनिक उद्योगात ॲल्युमिनियमचे भाग वर्षानुवर्षे वापरता येणे शक्य झाले आहे. हा उद्योग म्हणजे तेथे वापरल्या जाणाऱ्या धातूंचा कट्टर दुष्मनच म्हटला पाहिजे.

वैज्ञानिकानी आणखी एक कुतुहलजनक वस्तुस्थिती नजरेस आणली आहे. ती म्हणजे ॲल्युमियमच्या सान्निध्यात जीवनसत्त्वे नाश पावत नाहीत. यामुळे दूध-लोण्याच्या उत्पादन-क्षेत्रात, साखरेच्या कारखान्यात, गोड खाद्यपदार्थांच्या उद्योग-धंद्यात, मद्य-उद्योगात ॲल्युमिनियमची पात्रे वापरली जातात. बांधकाम क्षेत्रातही ॲल्युमिनियमला मोठे महत्त्व आहे. अगदी १८९० मध्ये अमेरिकेतील एका गावात पहिल्यांदाच ॲल्युमिनियमचा वापर केला गेला. पन्नास वर्षे उलटल्यानंतरही ॲल्युमिनियमपासून तयार केलेले त्याचे सर्वच्या सर्व भाग

अगदी सुस्थितीत आढळले. १८९७ मध्ये ॲल्युमिनियममध्ये उभारण्यात आलेले छप्पर अद्यापीही कोणतीच दुरुस्ती न लागता टिकले आहे.

मॉस्कोतील क्रेमलिन प्रासाद ॲल्युमिनियम व काचेपासून तयार करण्यात आला आहे. ब्रुसेल्स येथे १९५८ मध्ये भरलेल्या जागतिक प्रदर्शनात जे सोविएत दालन उभारले गेले त्यासाठीही वरील दोन साहित्ये वापरली गेली. तो एवढा देखणा ठरला की बेल्जिअममधल्या वृत्तपत्रानी, "समाजवादाचे प्रतीक" असे त्याचे वर्णन केले. आश्चर्यकारक असा हा हलक्या वजनाचा धातु सर्वत्र पहावयास मिळतो. पूल आणि घरे, जलशास्त्रीय बांधकामात आणि विमानांचे तबेले येथे हटकून ॲल्युमिनियमचा उपयोग केलेला आढळेल.

धातुविज्ञानातही ॲल्युमिनियमला महत्त्व असून पोलादातील ऑक्सिजन वेगळा करण्यासाठी त्याचा वापर होतो. विविध मिश्रधातु मिळविण्याच्या अनेक पद्धतींमध्ये ॲल्युमिनियमची रेव हा महत्त्वपूर्ण घटक असतो.

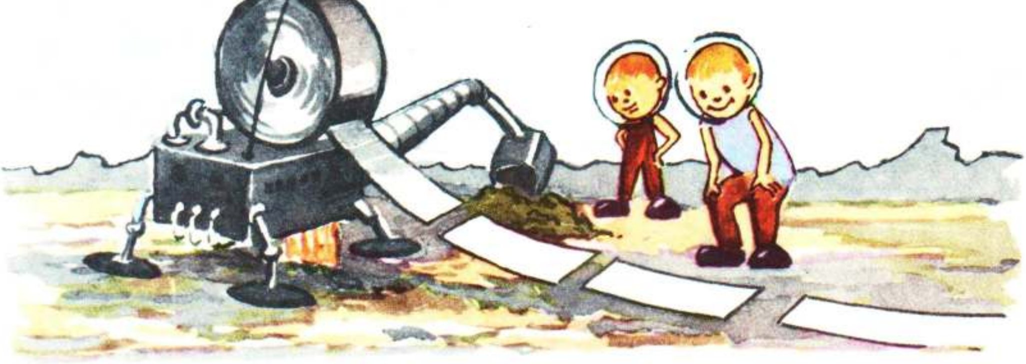
तिकिट संग्राहकांपाशीही ॲल्युमिनियम सापडणे शक्य आहे. हंगेरीत १९५५ मध्ये, ०.००९ मिलिमीटर जाडीच्या ॲल्युमिनियम-तक्त्यावर छापलेले एक तिकिट प्रसृत केले गेले. पुढे इतर देशातही ॲल्युमिनियमची तिकिटे काढली गेली.

ॲल्युमिनियमचे कापड तयार केले गेलेच आहे. वास्तविक हे कापड म्हणजे ॲल्युमिनियमचा अत्यंत पातळ पापुद्रा चढविलेले नेहमीचे कापडच असते. जरूरीनुसार त्याचा वापर उबदारपणा आणण्यासाठी किंवा थंडावा राखण्यासाठी करता येतो. उन्हाळ्यात या कापडातील पडद्यांची ॲल्युमिनियमचा थर असलेली बाजू उन्हाच्या दिशेने ठेवली असता प्रकाश आत येऊ शकतो पण उष्णता मात्र रोखली जाते. हिंवाळ्यात याउलट स्थितीत पडदे ठेवून घरात उबदारपणा टिकविला जातो. अशाच प्रकारच्या कापडाचे रेनकोट उन्हाळ्यातील दाहक उष्णतेपासून संरक्षण देतात (यावेळी धातुमय पृष्ठभाग बाहेरच्या बाजूस असतो) तर हिवाळ्यात भरपूर ऊब देतात (धातुमय पृष्ठभाग यावेळी आतील बाजूस असतो). झेकोस्लोव्हाकियातील कारखाने आता ॲल्युमिनियमचा थर दिलेल्या चादरी तयार करतात ज्या गरम व थंड हवेत सारख्याच कार्यक्षमतेने उपयोगी पडतात. विशेष म्हणजे त्यांचे वजन अवघे ५५ ग्रॅम भरते व त्या सिगरेटच्या पेटीएवढ्या खोक्यात नीट घडी करून ठेवता येतात.

भूस्तरशास्त्रज्ञ, प्रवासी मंडळी, मच्छिमार अशांसारखे जे लोक उघड्या हवामानात आपला पुष्कळसा वेळ घालवितात त्याना अशा कापडाचे कपडे, तंबू व तत्सम साहित्य फार पसंतीस येईल. उन्हाळ्यात 'ॲल्युमिनियम' कापडाच्या टोप्या, छत्र्या इत्यादी साहित्यास मोठी मागणी येईल. पोलादाच्या कारखान्यातील कामगारास आपादमस्तक आच्छादिणारा पायघोळ अंगरखा उत्तम प्रकारे थंडावा देईल. अग्निशामक दलातील लोकानाही ते एक वरदान ठरेल.

आज शास्त्रज्ञ आणि तंत्रज्ञ एका नव्या, मूलभूत प्रकाराच्या साहित्य-निर्मितीकडे लक्ष पुरवित आहेत. स्पंजासारखे सच्छिद्र धातु तयार करण्याचे त्यांचे ध्येय आहे. स्पंजस्वरूप सच्छिद्र ॲल्युमिनियम तयार करण्याचे तंत्र यापूर्वीच प्रस्थापित झाले आहे. हे नवे साहित्य, विश्वास बसणार नाही एवढे हलके असून एका घनसेंटीमीटर आकारातील सच्छिद्र ॲल्युमिनियमचे वजन अवघे ०.१९ ग्रॅम भरते. हलकेपणाचे प्रतीक म्हणून बुचाकडे नेहमीच बोट दाखविले जाते. पण ते या सच्छिद्र ॲल्युमिनियमशी स्पर्धा करू शकत नाही; ते २५ ते ३० टक्के अधिक जड ठरते. सच्छिद्र ॲल्युमिनियमपाठोपाठ सच्छिद्र बेरिलिअम, सच्छिद्र टायटॅनिअम आणि इतर अनेक वैशिष्ट्यपूर्ण साहित्यप्रकार प्रचारात येतील यात शंका नाही.

आपल्या "जगांचे युद्ध" या वैज्ञानिक कादंबरीत सुप्रसिद्ध विज्ञानकथालेखक एच्. जी. वेल्स यानी मंगळवासियांच्या ॲल्युमिनियम तयार करण्याच्या यंत्राचे पुढीलप्रमाणे वर्णन केले आहे: "सूर्यास्तापासून ते तारे चमचम करण्यास सुरुवात होईपर्यंत



या आगळ्या यंत्रामार्फत सरळ माती वापरून ॲल्युमिनियमचे निदान शंभर पत्रे तरी सहज निर्माण केले जात असत."

पूर्वी चंद्राबद्दल लोकाना केवळ जे काही दिसे, त्यावरूनच माहिती झालेली होती. अशा वेळी एका अमेरिकन शास्त्रज्ञाने मोठी मजेशीर कल्पना प्रसृत केली. त्यानुसार, चांद्रप्रदेशाच्या प्रत्येक हेक्टर जागेत सुमारे २०० टन ॲल्युमिनियम उपलब्ध आहे. त्या शास्त्रज्ञाची कल्पना अशी की चंद्र म्हणजे एक प्रचंड कारखाना असून त्यामध्ये, सौरवाऱ्यांमार्फत ( सूर्यापासून येणारा प्रोटॉनचा स्रोत ) लोह, मॅग्नेशिअम आणि ॲल्युमिनियम यांच्या खनिजांचे शुद्ध धातूत रूपांतर होत राहते. या कल्पनेचा खरेपणा अद्यापी तरी सिद्ध झालेला नाही. तथापि, अमेरिकन अंतराळवीरानी व सोविएत स्वयंचलित केंद्राने चांद्रखडकांचे जे नमुने पृथ्वीवर आणले त्यांच्या पृथक्करणातून असे निष्पन्न झाले आहे की या नमुन्यात ॲल्युमिनियम ऑक्साईडचे प्रमाण जरा जास्तच म्हणजे १५ टक्के आढळते.

एकंदरीत चंद्राने आणि मंगळाने आपला ॲल्युमिनियमचा प्रश्न सोडविलेला दिसतो. पण पृथ्वीबाबत काय परिस्थिती आहे? पृथ्वीवरही एकंदर परिस्थिती समाधानकारक आहे असे म्हणण्यास कोणतीच हरकत दिसत नाही. हे खरे की आपल्या येथे मंगळाप्रमाणे अद्भूत यंत्र नाही की चंद्राप्रमाणे मोठमोठे अल्युमिनियमयुक्त खडकही नाहीत. परंतु पृथ्वीवरील मंडळीना तक्रार करण्यास वाव नाही. या उपयुक्त धातूचा निसर्गातर्फे भरपूर साठा केला गेलेला आहे. पृथ्वीच्या कवचातील त्याचे प्रमाण केवळ ऑक्सिजन व सिलिकॉन यापेक्षा कमी भरते पण इतर सर्व धातूंपेक्षा कितीतरी पटीनी ते अधिक प्रमाणात उपलब्ध आहे.

निसर्ग उदार आहे खरा पण माणसाने काटकसरीने वागण्यास शिकणे जरूरी आहे. शहराशहरांतून निर्माण होणाऱ्या कचऱ्यातील महत्त्वपूर्ण घटक वेगळे करण्यास माणसाने विविध यंत्रे ठिकठिकाणी उपयोगात आणलेली दिसतात. त्यामध्ये विद्युत्चुंबकीय यंत्रसामग्री बसविलेली असते. पण ॲल्युमिनियमच्या बाबतीत त्यांचा मुळीसुद्धा उपयोग होत नाही, कारण या धातूवर चुंबकीय क्षेत्राचा काहीच परिणाम होत नाही. मग या यंत्रसामग्रीचा ॲल्युमिनियमसाठी कसा काय उपयोग होणार? असे दिसते की ॲल्युमिनियमच्या वस्तूतून प्रत्यावर्ती विद्युत्प्रवाह नेला तर हा धातु काही काळ चुंबकाच्या पकडीत सापडतो.

थोडक्यात, ॲल्युमिनियमचा भरपूर पुरवठा राहील. तथापि, या "पंखधारी धातूच्या" नव्या निर्मितीतंत्रांचा शोध घेणे आणि नवनवे उपयोग प्रचारात आणणे हे शास्त्रज्ञांच्या व तंत्रज्ञांच्या हाती आहे.

# ५. पृथ्वीचा पुत्र

मॉस्कोवरील आकाशातील न ढळणारा अग्निबाण – “कधी नाव बदलले आहे काय?” – पृथ्वीपुत्रांच्या सन्मानार्थ – एक प्रचंड व्यापाचे कठीण कार्य – चुकांमागून चुका – नवे पदार्पण – हंटरचे यश – तुपात पडलेली माशी – जुजबी उपयोगांवरच समाधान – उपरोधितेची जरूरी नाही. – मगरमिठीतून सुटका – “कृष्ण-पक्षी” – तज्ज्ञांचे भाकित – विरोधाभास? – हास्यास्पद दृष्टिकोन – गंजण्याची भीतीच नाही – आजपासून एक हजार वर्षांनी – समुद्राच्या अथांग तळी – जिनेवातील भव्य स्मारक – चूक दुरुस्त करता येते. – यास तुम्ही दुर्मिळ म्हणता? – “शांतिसागरातील” खाण – ऑक्सिजनच्या पंजात – कडक चाचण्या – गूढ उलगडले!

१८ ऑगस्ट १९६४ या दिवसाच्या प्रभातकाली मॉस्कोतील "प्रॉस्पेक्ट मीरा" ("शांती पथ") या भागातून एक अग्निबाण प्रक्षेपित केला गेला. तो काही चंद्रावर किंवा शुक्रावर जाणारा नव्हता पण त्याचे कार्य तेवढेच नेत्रदीपक होते. तो वेगाने जाणारा अग्निबाण म्हणजे शंकूच्या आकाराचा स्तंभ होता आणि अंतराळात चमकून गेलेल्या सोविएत अवकाशवीरांच्या स्मरणार्थ मॉस्कोवरील आकाशात तो सतत तळपत राहणार होता.

या नेत्रदीपक स्तंभाच्या बाह्यांगावर कोणत्या साहित्याचे आवरण द्यावे हे या योजनेच्या शिल्पकाराना बराच काळ सुचत नव्हते. प्रथम त्यानी ते काचेपासून तयार केले, नंतर प्लॅस्टिकमध्ये आणि त्यानंतर स्टेनलेस स्टीलमध्ये. पण अखेरीस या तीनही योजना शिल्पकारानीच फेटाळल्या. त्यांच्या लांबलेल्या प्रयोगांची अखेर शेवटी उत्तम पॉलिश केलेल्या टायटॅनिअमच्या तक्त्यात झाली.

पण आपल्या समकालीन वीरांची ही शौर्यशाली कामगिरी पुढील पिढ्याना सांगण्याचे काम इतर कोणत्या तरी धातूवर न सोपविता त्यासाठी टायटॅनिअमचीच निवड का व्हावी?

निरंतर टिकणारा धातु म्हणून टायटॅनिअमचे स्तुतिगान कुणी कारणावाचून करत नाही. तथापि, त्याचे गुणधर्म जाणून घेण्याआधी या धातूचा थोडा पूर्वेतिहास जाणून घेऊ या.

जर टायटॅनिअमला एखादे आवेदन पत्र भरावे लागले तर, "आपण आपले पूर्वीचे नाव बदलले आहे काय?" या प्रश्नास "होय" असे उत्तर त्यास देणे भाग आहे. १७९५ पर्यंत या धातूस "मेनाकिन" म्हणून ओळखले जात असे. १७९१ मध्ये इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञ व खनिजशास्त्रज्ञ विल्यम ग्रेगॉर यास हा धातु मेनाकॅनाइट खनिजात आढळला व त्याने खनिजसंबंधित नाव दिले. पण हे नाव या मूलद्रव्यास आवडले नसावे आणि नाव बदलण्याची पहिली संधी त्याने साधली. १७९५ मध्ये जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ मार्टिन क्लॅप्रॉथ यानी त्याचा पुनरपी शोध लावला व त्यावेळी हा धातु रूटाइल या खनिजात त्याना सापडला. पूर्वीचे नाव जाऊन ग्रीक पुराणानुसार, पृथ्वीच्या मुलाच्या टायटन या नावावरून टायटॅनिअम असे अर्थपूर्ण नाव या धातूस मिळाले. दोन वर्षानी असे लक्षात आले की ग्रेगॉर आणि क्लॅप्रॉथ यानी एकाच मूलद्रव्याचा शोध लावला आहे. अखेर, "टायटॅनिअम" हे नाव नक्की केले गेले.

एखाद्या मूलद्रव्याचा शोध लागणे म्हणजे ते शुद्ध स्थितीतच मिळविता आले पाहिजे असे नाही. ग्रेगॉर आणि क्लॅप्रॉथ या दोघानाही टायटॅनिअमचे ऑक्सिजनशी असणारे संयुग ऊर्फ टायटॅनिअम डायॉक्साइड मिळविता आले, शुद्ध धातु नव्हे. हे संयुग शुभ्र, स्फटिकमय चूर्णाच्या स्वरूपात असते. संयुगांपासून टायटॅनिअम वेगळे करणे हे खरोखरीच प्रचंड व्यापाचे कठीण काम आहे. गत शतकातील अनेक नामवंत रसायनशास्त्रज्ञानी असे प्रयत्न केले खरे पण ते व्यर्थ ठरले.

या प्रयत्नात इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञ वोलॅस्टन हा एकदा यशाच्या अगदी नजिक पोहोचल्याचे दिसते. १८२३ मध्ये, मर्थिर-टिड्फिल कारखान्यात निर्माण होणाऱ्या मळीत त्यास काही स्फटिक आढळले व ते तपासून पाहता त्याची खात्री झाली की तो दुसरातिसरा कोणता प्रकार नसून शुद्ध टायटॅनिअमच आहे. पुढे तेहेतीस वर्षानी जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ वोलर याने असे दाखवून दिले की वोलॅस्टन यास सापडलेले स्फटिक वस्तुतः शुद्ध टायटॅनिअमचे नसून नायट्रोजन व कार्बन यासह असणारे टायटॅनिअमचे संयुग आहे.

१८२५ मध्ये सुप्रसिद्ध स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ व खनिजतज्ज्ञ बर्झेलिअस याने पोटॅशिअम फ्ल्युओरटायटॅनेट याचे सोडिअम धातूच्या साहाय्याने क्षपण करून प्रथमतः धातुरूप टायटॅनिअम मिळविले असा शास्त्रज्ञाचा अनेक वर्षे विश्वास होता. पण टायटॅनिअमबद्दल आज आपणास जे ज्ञान झाले आहे त्यानुसार, बर्झेलिअसला मिळालेला पदार्थ हे धातुरूप, शुद्ध टायटॅनिअम नव्हते असे म्हणणे भाग आहे. शुद्ध टायटॅनिअम हायड्रोफ्ल्युओरिक आम्लात

सहजगत्या विरघळते पण त्या स्विडिश शास्त्र आकादमीच्या अध्यक्षाना मिळालेल्या "टायटॅनिअमने" या आम्लाचे परिणाम यशस्वीरीत्या रोखले.

शेवटी १८८५ मध्ये रशियन शास्त्रज्ञ डी. के. किरिलोव याना धातुरूप टायटॅनिअम मिळविणे शक्य झाले. "टायटॅनिअमचे संशोधन" नामक एका प्रसिद्धीपत्रकात किरिलोव यानी आपले निष्कर्ष प्रसिद्ध केले. पण झारच्या राज्यात त्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण संशोधनाबाबत कुणालाच औत्सुक्य नव्हते आणि त्यास मान्यताही मिळाली नाही.

१८८७ मध्ये नीलसन व पीटरसन या बर्झेलियसच्या स्वदेशीय शास्त्रज्ञानी, निर्वात पोलादी नळकांड्यात धातुरूप सोडियमच्या साहाय्याने टायटॅनिअम टेट्राक्लोराईडचे क्षपण केले व त्यातून सुमारे ९५ टक्के टायटॅनिअमचा अंश असणारा पदार्थ मिळविला.

शुद्ध धातुरूप टायटॅनिअम मिळविण्याच्या मार्गातील पुढील टप्पा १८९५ मध्ये फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ हेन्री मॉइसन यानी ओलांडला. त्यानी विद्युत्कमानीच्या भट्टीत हायड्रोजनच्या साहाय्याने टायटॅनिअम डायॉक्साइडचे क्षपण केले व त्यायोगे मिळालेल्या धातूचे दोनदा परिष्करण केले. परिणामी फक्त दोनच टक्के अशुद्धता असणारे टायटॅनिअम प्राप्त झाले.

अखेर १९१० मध्ये अमेरिकन रसायनशास्त्रज्ञ हंटर यानी नीलसन-पीटरसन यांच्या पद्धतीत सुधारणा करून जवळजवळ शुद्ध असे अनेक ग्रॅम टायटॅनिअम तयार केले. या घटनेबाबत देशोदेशी अनेक मतभेद निर्माण झाले. याचा एक परिणाम असा झाला की शुद्ध टायटॅनिअम मिळविण्याचे श्रेय किरिलोव याना न मिळता हंटर याना दिले गेले व आजही दिले जात आहे.

काही असो, अखेर शुद्ध स्वरूपाचे टायटॅनिअम मिळविले गेले. एक टक्क्याच्या काही दशांश भाग अशुद्धता असली तरी असे टायटॅनिअम शुद्ध म्हणूनच स्वीकारावे अशा हट्टापायीच ते "शुद्ध" समजले गेले. अशुद्धतेचे केवळ काही दशांश भाग खरे पण तुपात पडलेल्या माशीप्रमाणे त्यांचे स्वरूप होते. या अशुद्धतेमुळे हा धातु सहज तुटणारा, ठिसूळ आणि यांत्रिक कामास निरुपयोगी होता. एक निरुपयोगी, कोणत्याच कामास अयोग्य अशी त्याची अपकीर्ती झाली.

या गुणधर्मांमुळे, काही महत्त्वपूर्ण कामासाठी उपयोगी पडण्याचे टायटॅनिअमचे स्वप्न आकार घेत नव्हते व त्यास जुजबी उपयोगांवरच समाधानी राहणे भाग होते.

१९०८ मध्ये रोझ आणि बार्ट्रॅन यानी अमेरिकेत व फॅरप् यानी नॉर्वेमध्ये असे सुचविले की पांढरा रंग शिशाच्या संयुगापासून तयार करण्याऐवजी टायटॅनिअम डायॉक्साइडपासून तयार करावा. टायटॅनिअम व्हाईट हा पांढरा रंग पूर्वीच्या लेड व्हाईटपेक्षा कितीतरी उत्तम दर्जाचा होता. त्याचे महत्त्वाचे स्वरूप हे की लेड व्हाईटप्रमाणे तो विषारी नसतो. शरिरावर टायटॅनिअम डायॉक्साइडचे दुष्परिणाम होत नाहीत. वैद्यकीय इतिहासात, एका व्यक्तीने ५०० ग्रॅम टायटॅनिअम डायॉक्साइड खाल्ले आणि तो जीवंत राहिला, अशी नोंद आहे.

टायटॅनिअम टेट्राक्लोराईड या टायटॅनिअमच्या आणखी एका संयुगाकडेही काही कामगिरी सोपविली गेली. हे संयुग प्रथमतः फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ

ड्यूमा याने १८२६ मध्ये तयार केले. अत्यंत दाट असे ढग निर्माण करण्याची क्षमता या संयुगात असून पहिल्या महायुद्धात ते यासाठी फार मोठ्या प्रमाणात वापरले गेले. शांतता काळात या संयुगाच्या धूम्रकारी गुणधर्माचा उपयोग कारखान्यात साचणारे हिवाळी बर्फ नाहीसे करण्यासाठी केला जातो.

तरीपण, इतर अधिक महत्त्वाच्या क्षेत्रात आपली उपयुक्तता निःसंशय सिद्ध करण्याचा टायटॅनिअमला जरूर हक्क होता हे आपणास पुढे पहावयास मिळणारच आहे.

१९२५ मध्ये, डच शास्त्रज्ञ फॉन आर्केल आणि द बोअर यानी टंगस्टनच्या तप्त तारेवर टायटॅनिअम टेट्राक्लोराईडचे विघटन केले व अतिशुद्ध स्वरूपाचे टायटॅनिअम मिळविले. त्यामुळे, लगेच स्पष्ट झाले की टायटॅनिअमच्या अंगी ठिसूळपणा असल्याबाबतचा हंटरचा दावा मुळीच योग्य नाही. फॉन आर्केल आणि द बोअर यानी मिळविलेला धातु चांगलाच लवचीक, आकार्यशील, लोखंडाप्रमाणे ठोकून आकार देता येण्याजोगा, लाटून तक्ते, पट्ट्या, तार आणि पातळ पत्रा करण्याजोगा असल्याचे सिद्ध झाले.

हे सारे उजेडात आल्यावर या धातूस पूर्वी दिले गेलेले उज्ज्वल नाव केवळ उपरोधिक आहे हा समज दूर झाला. तंत्रक्षेत्राकडे नेणारा भव्य रस्ता टायटॅनिअमसाठी खुला झाला.

टायटॅनिअम जणू अशुद्धतेच्या मगरमिठीतून मुक्त झाले व त्याबद्दलची आपली कृतज्ञता व्यक्त करण्यासाठीच की काय ते आपले एकेक आश्चर्यकारक गुणधर्म शास्त्रज्ञांपुढे प्रकट करू लागले. उदाहरणार्थ, असे निदर्शनास आले की लोखंडाच्या तुलनेने ते निम्म्याने हलके तर आहेच पण अनेक पोलादप्रकारांपेक्षा ते अधिक ताकदवान आहे.

ताकदीबाबत टायटॅनिअमला औद्योगिक धातूंमध्ये प्रतिस्पर्धी नाही. बहुगुणी ॲल्युमिनियमला सुद्धा आपल्या काही खास उपयोगाची क्षेत्रे टायटॅनिअमसाठी सोडावी लागली, आणि तेसुद्धा टायटॅनिअम हे ॲल्युमिनियमपेक्षा दीडपट अधिक वजनदार असूनही. पण त्याचबरोबर ते सहापट अधिक ताकदवान आहे हे विसरून कसे चालेल? सर्वात महत्त्वाचे वैशिष्ट्य हे की टायटॅनिअमची ताकद उच्च तपमानातही (५०० अंश से. पर्यंत, आणि काही मूलद्रव्ये मिश्रधातूंमध्ये मिसळता ६५० अंश से. पर्यंत) टिकून राहते, तर अनेक ॲल्युमिनियमच्या मिश्रधातूंची ताकद अगदी ३०० अंश से. तपमानात वेगाने घटते.

टायटॅनिअम हा एक अति कठीण धातु आहे. ॲल्युमिनियमपेक्षा त्याची कठीणता बारा पट अधिक आणि लोह व तांबे यांच्या तुलनेने चार पट अधिक भरते. ताण अथवा दाब सहन करण्याची प्रवृत्ती जेवढी जास्त तेवढे धातूंचे यांत्रिक भाग जास्त काळ टिकतात अथवा असे म्हणता येईल की काही एका ठराविक मूल्यापेक्षा दाब वा ताण जास्त झाल्यास धातूस तो सहन होत नाही व त्यात विकृती निर्माण होते. हे विशिष्ट मूल्य जेवढे जास्त तेवढे यंत्रातील भाग ताणरोधक असतात. टायटॅनिअमबाबत हे विशिष्ट मूल्य (शरण बिंदू) ॲल्युमिनियमपेक्षा १८ पट अधिक असून लोखंडापेक्षा ते २.५ पटीने अधिक भरते.

हे पाहता, विमानाची संरचना करणाऱ्या तज्ज्ञांपुढे जेव्हा ध्वनी-अटकावावर मात करण्यासाठी कोणता धातु वापरावा हा प्रश्न उभा राहिला तेव्हा त्यानी साहजिकच टायटॅनिअमची निवड केली. अलिकडेच पाश्चात्य वृत्तसंस्थानी वृत्त प्रसिद्ध केले आहे की अमेरिकन इंजिनियरानी अतिश्राव्य वेगाने जाणारे जेट-विमान तयार केले असून ताशी ३२०० कि. मी. पेक्षाही जास्त वेगाने ते जाऊ शकते. त्याची बांधणी टायटॅनिअम धातूमध्ये केली आहे. जगातील पहिले व अतिश्राव्य वेगाने जाणारे सोविएत उतारूवाहक विमान (टीयू १४४) टायटॅनिअमचे अनेक भाग वापरून बांधलेले आहे. विमानाच्या मुख्य व बाहेरील भागांसाठी प्रामुख्याने टायटॅनिअम वापरले गेले.

निरनिराळ्या हवाई वाहनांमध्ये अनेक भागांसाठी टायटॅनिअमचा वेळोवेळी वापर होत आहे. विमान इंजिनापासून ते अगदी नट-बोल्ट बनविण्यासाठी त्याचा वापर होतो. बोल्टसाठी होणाऱ्या टायटॅनिअमच्या वापराबाबत अमेरिकन तज्ज्ञ म्हणतात की या कामासाठी पोलादाऐवजी टायटॅनिअमचा वापर करता लढाऊ विमानांच्या इंजिनांचे वजन १०० कि. ग्रॅं. ने कमी होते. असे एक कि. ग्रॅं. वजन कमी होणे म्हणजे एकूण विमानाच्या वजनात १० कि. ग्रॅं. ची बचत होते. (कारण, विमानाचे धड ऊर्फ फ्यूजलेग हलके बनते) परिणामी वजनातील एकूण काटकसर एक टनापर्यंत साधता येते. फक्त १ कि. ग्रॅं. वजन कमी केल्याने वार्षिक ४०० रूबलची बचत होते. याचे महत्त्व सहज ध्यानात येण्याजोगे आहे. तज्ज्ञांचा असा विश्वास आहे की ध्वनीपेक्षा दुप्पट ते तिप्पट वेगाने धावणाऱ्या भावी विमानांमध्ये टायटॅनिअम व त्याच्या मिश्रधातूंचा ६० ते ९० टक्क्यांपर्यंत वापर होईल.

अवकाशयुगातील तंत्रज्ञानाचे गाडे टायटॅनिअमशिवाय चालणेच अशक्य. द्रवरूप ऑक्सिजन व हायड्रोजनच्या साठ्यांसाठी टायटॅनिअमच्या टाक्या उत्कृष्ट ठरतात. अत्यंत खालच्या तपमानात (उणे तपमानात) बहुतेक इतर साऱ्या धातूंप्रमाणे टायटॅनिअम खराब तर होत नाहीच, उलट त्याच्या कणखरपणात वाढच होते.

खुद्द अवकाशात जी यंत्रसामग्री उभारावयाची त्यासाठी बांधकामाचे, उभारणीचे प्रमुख साहित्य म्हणून टायटॅनिअमचा वापर होणे अगदी शक्य आहे. १९६९ मध्ये जॉर्जी शोनिन व वालेरी कुबासोव या सोविएत अंतराळवीरानी जे प्रयोग केले त्यावरून असे सिद्ध झाले की निर्वात अवकाशात वितळजोडाच्या कामासाठी व कापण्याच्या कामामध्ये टायटॅनिअम वापरता येते.

केवळ अंतराळयानांच्या शिल्पकारानाच टायटॅनिअमबद्दल आपुलकी व प्रेम आहे असे नाही. एका परकीय उद्योगात त्याचा वापर सायकलच्या सांगाड्यासाठी केला जातो. या सांगाड्याचे वजन एका कि. ग्रॅं. पेक्षा किंचित अधिक असून सबंध सायकल ७ कि. ग्रॅं. पेक्षा कमीच वजनदार असते.

रसायनशास्त्रज्ञानाही टायटॅनिअमबद्दल औत्सुक्य वाटते. एका रासायनिक कारखान्यातील प्रयोगाद्वारे प्राप्त झालेले पुढील निष्कर्ष उद्बोधक ठरतात: एक अत्यंत दाहक रसायन उपसून काढण्यासाठी अनुक्रमे ओतीव लोखंड, स्टेनलेस स्टील. व टाय-

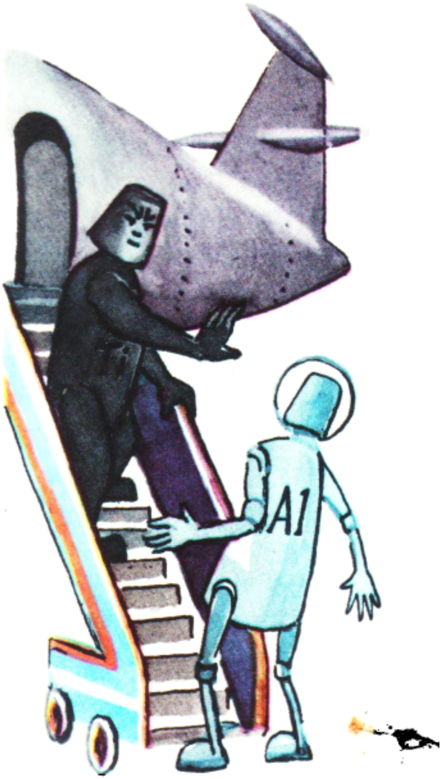
टॅनिअमपासून तयार करण्यात आलेले तीन पंप वापरले गेले. पहिला तीन दिवस, दुसरा दहा दिवस आणि तिसरा म्हणजे टायटॅनिअमचा पंप दीड वर्षे अखंड वापरूनही उत्तम स्थितीत टिकून राहिला.

टायटॅनिअम अद्यापीही चांगलेच महाग आहे ही वस्तुस्थिती मान्य करूनही असे निश्चितपणे म्हणता येते की अनेक बाबतीत स्वस्त साहित्याऐेवजी त्याचा पर्यायी वापर अधिक काटकसरीचा व फायदेशीर ठरतो. उदाहरणार्थ, रासायनिक उद्योगातील प्रक्रियापात्र स्टेनलेस स्टीलचे बनविल्यास १५० रूबल खर्च येतो तर त्याऐवजी टायटॅनिअम वापरल्यास ६०० रूबल पडतात. पण स्टेनलेस स्टीलचे पात्र ६ महिने टिकते तर टायटॅनिअमचे १० वर्षे. आता स्टेनलेस स्टीलचे पात्र पुनःपुन्हा बदलण्यामुळे व तेवढा वेळ काम बंद राहण्यामुळे होणारा खर्च लक्षात घ्या. उघडच आहे की वरवर विरोधाभासी वाटणारे हे दृश्य, म्हणजेच महागडचा टायटॅनिअमचा उपयोग, स्वस्त पडणाऱ्या पोलादापेक्षाही स्वस्तच पडतो.

काही वर्षांपूर्वी लंडन येथे एक प्रदर्शन भरले होते व ते प्रामुख्याने रासायनिक उद्योगधंद्यात टायटॅनिअमचे विविध उपयोग कसे करता येतात यासंबंधी होते. त्यामध्ये रासायनिक कारखान्यांमध्ये वापरली जाणारी व वापरता येणारी टायटॅनिअम व त्याच्या मिश्रधातूपासून बनविलेली विविध सामग्री प्रदर्शित केली गेली होती. त्यामध्ये टायटॅनिअमपासून तयार करण्यात आलेल्या तोटयाही होत्या. सल्फर डायॉक्साइडसह इतर उष्ण वायूंच्या सन्निध्यात त्या दोन महिने वापरल्या जाऊनही उत्तम प्रकारे टिकल्या. स्टेनलेस स्टीलच्या तोटया मात्र अनेक तासांच्या वापरानंतर खराब झालेल्या दिसल्या.

क्लोरीन, सल्फ्यूरिक अम्ल, नैट्रिक अम्ल अशा सारख्या दाहक रसायनांच्या निर्मितीसाठी वापरल्या जाणाऱ्या उपकरणात व त्यातील निरनिराळ्या भागांसाठी टायटॅनिअम हे फार उत्कृष्ट साहित्य ठरते काही कारखान्यांमध्ये खेळती हवा राखण्यासाठी टायटॅनिअमचे भलेमोठे (१२० मीटर उंचीचे) नळ वापरलेले दिसतात. असा वापर काहीसा खर्चिक ठरतो खरा पण कोणत्याही देखभालीशिवाय व न बदलता तो सहज शंभर वर्षे विनातक्रार काम देईल हे दृष्टीआड करता येत नाही.

धातु कापण्याची जी वेगवेगळ्या प्रकारची यंत्रे, उपकरणे असतात त्यांच्यासाठी लागणारा कठीण असा मिश्रधातु तयार करण्याच्या कामी टायटॅनिअमचा विस्तृत वापर केला जातो. टायटॅनिअम कार्बाइड या संयुगाचा अल्पशा जाडीचा थर दिल्यानेही यंत्राच्या कापण्याच्या गुणधर्मात अतिशय फरक पडतो आणि त्यातून मिळणाऱ्या पृष्ठभागाचा दर्जाही उत्कृष्ट राहतो.



टायटॅनिअमच्या मिश्रधातूंपासून तयार करण्यात येणारी शस्त्रक्रियेची हत्यारे व उपकरणे चांगलीच प्रसिद्ध झालेली आहेत. थॉर हेर्डल या नॉर्वे देशातील प्रसिद्ध संशोधकाच्या एका मोहिमेमध्ये सोविएत डॉक्टर युरी सेन्‌केविच यानी आपल्या-बरोबर टायटॅनिअमच्या शस्त्रक्रिया उपकरणांचा संच बरोबर नेला होता.

अलिकडेच शास्त्रज्ञानी टायटॅनिअम व निकेल यापासून एक जणू जादूचा मिश्रधातु – निटिनॉल नावाचा – तयार केला आहे. आपला भूतकाळ "ल-क्षात ठेवण्याचा" गूढ गुणधर्म त्याच्या अंगी आहे; म्हणजेच आकारात बदल झाल्यानंतर व यांत्रिक कामे केल्यानंतर तो त्याचा पूर्वीचा आकार घेतो ('तांब्याच्या रूपात सैतान" या पुढील एका प्रकरणात निकेलबद्दल अधिक विस्तृत माहिती मिळेल).

अगदी २० व्या शतकाच्या प्रारंभापर्यंत, टायटॅ-निअम म्हणजे लोहातील अत्यंत त्रासदायक भेसळ असा धातुवैज्ञानिकांचा दृढ समज होता. आज धातुविज्ञानात टायटॅनिअमचा खप विपूल असला तरी वरील गैरसमज दूर होण्यास अनेक वर्षे जावी लागली.

टायटॅनिअमचे काही ना काही निश्चित प्रमाण असणारे असे पोलादाचे व इतर मिश्रधातूंचे शेकडो प्रकार अस्तित्वात आहेत. स्टेनलेस स्टील-मध्ये ते मिसळले असता स्फटिकांतर्गत होणारी गंजण्याची क्रिया रोखली जाते. क्रोमिअमचे उच्च प्रमाण असणाऱ्या उष्णतारोधक मिश्रधातूंमध्ये टायटॅ-निअममुळे धातुकणांचा आकार कमी होतो, त्यांच्या संरचनेत एकसारखेपणा येतो आणि मिश्रधातु उत्तम प्रकारे स्फटिकरूप बनतो. मिश्रधातूंच्या इतर उष्णतारोधक प्रकारांमध्ये कणखरपणा वाढ-विण्यास टायटॅनिअम उपयोगी पडते.

टायटॅनिअम ऑक्सिजनशी फार तीव्रतेने संयोग पावते (हा मुद्दा आपण विचारात घेणारच आहोत) व त्यामुळेच त्याचा, पोलाद ऑक्सिजनविरहित करण्यासाठी म्हणजेच पोलादातील ऑक्सिजन नाहीसा करण्यासाठी महत्त्वपूर्ण उपयोग होतो. या कामासाठी सिलिकॉन हे सुद्धा प्रामुख्याने वापरले जाते पण टायटॅनिअम याबाबतीत सि-लिकॉनपेक्षा दसपट प्रभावी आहे. नायट्रोजनच्या संबंधातही टायटॅनिअम अशाच प्रकारे उपयुक्त आहे. अशा प्रकारे पोलादातील वायूंचे प्रमाण कमी केल्यामुळे त्यांच्या यांत्रिक गुणधर्मात वाढ होते आणि गंजरोधकताही वाढते.

गंजकारकता म्हणजे धातूंचा अत्यंत घातकी

मात्र आणि टायटॅनिअमची गंजरोधकता खरोखरीच विस्मयकारक म्हटली पाहिजे. समुद्रजलात दहा वर्षे बुडवून ठेवलेल्या टायटॅनिअमच्या पत्र्यावर गंजल्याचे चिन्हही दृष्टोत्पत्तीस आले नाही. (तेच जर लोखंड असते तर काहीच उरले नसते.) पण या क्षुल्लक कालावधीबाबत विचार करण्याची गरज नाही. हा प्रयोग हजार वर्षांपूर्वी म्हणजे रशियात जेव्हा ख्रिश्चन धर्म प्रसृत होत गेला त्या काळी करण्यास सुरुवात केली असती तर आज गंजण्यामुळे तो टायटॅनिअमचा नमुना ०.०२ मिलिमीटर जाडी एवढाही झिजला नसता. उघडच आहे की पाण्यातील वाहने व साधनसामग्री तयार करणाऱ्या तंत्रज्ञाना हवाई वाहने तयार करणाऱ्यां-एवढी आणि रसायनशास्त्रज्ञांएवढीच टायटॅनिअमब-द्दल आपुलकी वाटल्यास नवल ते काय? अमे-रिकेतील जनरल इलेक्ट्रिक कंपनी पाण्याखाली ३३०० मीटर खोलीनजीक माणसाना काम कर-ण्यासाठी व राहण्यासाठी एका केंद्राची योजना आखत आहे. त्यामध्ये टायटॅनिअमच्या मिश्रधातूंचा महत्त्वाचा भाग राहणार हे काही सांगावयास नको.

सुरुवातीस उल्लेख केलेल्या व अंतराळ विजयाचे स्मारक ठरणाऱ्या आकाशातील स्तंभाच्या आवरणा-साठी शिल्पकारानी टायटॅनिअमची निवड का केली याचे रहस्य या धातूच्या अत्युत्कृष्ट गंजरो-धकतेत आहे हे आता आपल्या लक्षात आले असेलच. "इंटरनॅशनल युनियन ऑफ इलेक्ट्रोकम्युनिकेशन" या संघटनेच्या शताब्दी समारंभानिमित्त उभाराव-याच्या स्मारकाची एक स्पर्धा युनेस्कोमार्फत ठेवली होती. त्यामध्ये सोविएत शिल्पज्ञानी पहिले पा-रितोषिक पटकाविले. हे स्मारक जिनेवामध्ये "पॅलेस ऑफ नेशन्स" नामक चौकात उभारण्याचे ठरले होते. हे स्मारक म्हणजे १०.५ मीटर उंचीचे अंतर्गोल भिंगासारखे काँक्रिटचे दोन भलेमोठे शिंपले असून त्यावर अत्युत्तम पॉलिश केलेल्या टायटॅनिअमच्या तक्त्याचे आवरण दिले होते. या दोन शिंपल्यांमधून जाणारा जो खास रस्ता तयार केला होता त्यावरून जाणाऱ्या व्यक्तीस स्वतःचा आवाज ऐकू येईल, चालण्याचा आवाज कानी पडेल तसेच शहरी गोंगाटही ऐकू येईल. शिंपल्यांच्या केंद्रबिंदूपाशी तयार होणारे स्वतःचे प्रतिबिंब अगदी दूर दूर गेल्याचे पहावयास मिळेल.

चुंबकीय गुणधर्मांचा आभाव हे टायटॅनिअमचे आणखी एक वैशिष्ट्य असून त्यामुळे तांत्रिक क्षेत्रात अनेक ठिकाणी या धातूस महत्त्व प्राप्त झाले आहे. टायटॅनिअमची विद्युत्‌रोधकता तर फारच उच्च दर्जाची असून रूप्याची विद्युत्‌वाहकता जर १०० समजली तर तांब्याची ९४, ॲल्युमिनियमची ५५, लोह व पाऱ्याची २ आणि टायटॅनिअमची अवघी ०.३ ठरेल. यामुळेच विद्युत्‌क्षेत्रात टायटॅ-निअमचा विस्तृत वापर होतो.

थोडक्यात, उत्तमोत्तम व मूल्यवान अशा गुणधर्मांबाबत टायटॅनिअम फारच नशिबवान ठरले आहे. तर मग उद्योगधंद्यात पोलाद किंवा ॲल्युमिनिअम जेवढ्या विपूल प्रमाणात वापरले जाते तसा टायटॅनिअमचा वापर का होऊ नये?

याचे प्राथमिक कारण असे की या धातूची महागता त्याच्या विपूल उपयोगास खीळ घालते. खरे तर हा दोष काही मूलतःच आलेला नाही, खनिजापासून हा धातु मिळविणे हे काम अत्यंत कठीण, जिकिरीचे व म्हणून खर्चिक ठरले आहे. खनिजातील संपृक्तावस्थेत असणाऱ्या टायटॅनिअमचे मूल्य १ असे गृहित धरले तर अत्यंत वेळखावू, गुंतागुंतीच्या व तांत्रिक स्वरूपाच्या निर्मितीकार्यातून पातळ तक्त्याच्या स्वरूपात जे टायटॅनिअम उपलब्ध होईल त्याचे मूल्य ५०० ते ६०० पट होईल. पण परिस्थिती फार निराशाजनक म्हणता येणार नाही. उत्पादनतंत्र सतत प्रगत होते आहे, त्यात किंमत कमी करणाऱ्या सुधारणाही होत आहेत. यामुळे, नजिकच्याच भावी काळात ते ॲल्युमि-नियमएवढे स्वस्त मिळू लागेल असा यथार्थ आशा-वाद करता येतो. एक काळ असा नव्हता का की जेव्हा ॲल्युमिनियम सोन्यारूप्यापेक्षाही महाग होते?

अगदी अलिकडच्या काळात आणि निरर्थकपणेही, टायटॅनिअम हा एक मौल्यवान किंवा दुर्मिळ धातु आहे असे मानले जात होते. वस्तुस्थिती अशी आहे की अगदी काही थोडीच मूलद्रव्ये निसर्गात विपूल प्रमाणात सापडतात. पृथ्वीच्या कवचात टायटॅनिअमचे जे प्रमाण आहे ते तांबे, जस्त, शिसे, सोने, रूपे, प्लॅटिनम, क्रोमिअम, टंगस्टन, पारा, मॉलिब्डेनम, बिस्मथ, अँटिमनी, निकेल आणि कथील यासह इतर काही धातूंच्या एकत्रित प्रमाणापेक्षाही अधिक आहे.

पण एका अर्थी, "दुर्मिळ" या संज्ञेचा टायटॅनिअमशी एक वेगळाच संबंध आहे खरा. ज्या खडक प्रकारात टायटॅनिअम सापडत नाही असे खडक खरोखरीच दुर्मिळच म्हटले पाहिजेत. (ज्या ८०० प्रकारच्या खडकांवर संशोधन झाले आहे त्यापैकी ७८४ प्रकारात टायटॅनिअम आढळले!)

ज्या खनिजांमध्ये, डायॉक्साइडच्या स्वरूपात किंवा टायटॅनिक आम्लाच्या लवणांच्या स्वरूपात टायटॅनिअम आढळते असे सत्तर प्रकार उपलब्ध आहेत. त्यापैकी अधिक महत्त्वाची म्हणजे इल्मेनाइट (पूर्वी मेनाकानाइट म्हणून नाव असलेले), रूटाइल, पेरोव्ह्स्काइट, आणि स्फेन ही खनिजे होत. टायटॅनिअमच्या खनिज-कुटुंबात नेहमीच भर पडत असते. अगदी अलिकडेच कोला द्वीपकल्पावरील लोव्होझरस्काया टंड्रा या ठिकाणी टायटॅनिअमचा पूर्वी माहीत नसलेला नवा खनिजप्रकार सापडला असून त्यास 'नॅटीसाइट' असे नाव दिले गेले. (या खनिजात आढळणाऱ्या सोडिअम, टायटॅनिअम व सिलिकॉन या घटकांच्या रासायनिक चिन्हांपासून हे नाव तयार केले गेले.) टायटॅनिअम खनिजांचे विपूल, संपन्न साठे रशिया (उराल पर्वत, सैबेरिया, युक्रेन, अल्ताई आणि खिबिनी पर्वतप्रदेश), अमेरिका, भारत, नॉर्वे, कॅनडा, ऑस्ट्रेलिया आणि इतर काही देशात आढळतात. टायटॅनिअम खनिज आढळणारी जगात एकूण दीडशे ठिकाणे आहेत.

अमेरिकेची अपोलो याने व सोविएत संघाची लुना नामक शोधयाने यामार्फत चांद्रखडकांचे नमुने आपणास मिळाले खरे, पण तत्पूर्वीही शास्त्रज्ञानी असे सूचित केलेच होते की चांद्रखडकांमध्ये बऱ्याच प्रमाणात टायटॅनिअम डायॉक्साइड असले पाहिजे. पुढे चांद्रखडकांवर झालेल्या प्रयोगातून त्यांचे म्हणणे खरे असल्याचे निष्पन्न झाले. कुणी सांगावे, नजिकच्या भविष्यकालातील वर्तमानपत्रात एक दिवस बातमी चमकूनही जाईल की चंद्रावरील "शांती सागर" प्रदेशात किंवा तशाच एखाद्या "समुद्रप्रदेशात" टायटॅनियमची पहिली खाण सुरू करण्यात आली आहे.

सोविएत संघाच्या सयूज-१३ या अंतराळयाना-तील प्योत्र क्लिमूक व वालेंतिन लेबेदेव यानी पृथ्वीवर जी कुतुहलजनक माहिती आणली त्यामध्ये एका ग्रहीय अभ्रिकेचा जंबुपार किरणात घेतलेला एक वर्णपट होता. वायुमय अवस्थेतील ही एक खास प्रकारची अभ्रिका असून तिच्याबाबत खगोलशास्त्रज्ञांमध्ये मोठे औत्सुक्य आहे. या अभ्रिकेच्या मध्यभागी तप्त ताऱ्यांचे अस्तित्व आढळते. तथापि, अशा अभ्रिका पृथ्वीपासून प्रचंड अंतरांवर असल्यामुळे त्याबाबत असलेले आपले ज्ञान यथातथाच आहे. वर्षानुवर्षे जरी त्यांचे निरीक्षण वा अभ्यास चालू असला तरी त्यामध्ये केवळ १७ प्रकारचीच मूलद्रव्ये आढळली असून गेल्या पंचवीस वर्षांच्या कालखंडात कोणतेच मूलद्रव्य सापडलेले नाही. पण सयूज-१३ वर असलेल्या उपकरणामार्फत या अभ्रिकेमध्ये आणखी दोन मूलद्रव्यांचे अस्तित्व निर्विवादपणे सिद्ध केले गेले. ॲल्युमिनियम व टायटॅनिअम ही ती दोन मूलद्रव्ये होत.

तेव्हा आता खुद्द आपल्या ग्रहास त्याच्या नजिकच्या शेजाऱ्यांकडे किंवा इतर आकाशस्थ गोलांकडे टायटॅनिअमच्या टंचाईबाबत तक्रार करण्यास मुळीच वाव नाही. पण प्रथमतः ते खनिजातून मिळविले पाहिजे आणि आधुनिक तंत्रविज्ञानात वापरण्याजोगे तयार केले पाहिजे. हे काम मात्र साध्यासुध्या स्वरूपाचे मुळीच नव्हे.

यातील मेख अशी आहे की टायटॅनिअम व ऑक्सिजन यांची हातमिळवणी ऊर्फ संयुग रसायनशास्त्राच्या दृष्टिकोनातून अत्यंत टिकाऊ, स्थैर्य असणारे म्हणून सुप्रसिद्ध आहे. विद्युत्प्रवाह काय, किंवा अतिउच्च तपमान काय, यापैकी कुणालाही ऑक्सिजनच्या मगरमिठीत सापडलेल्या टायटॅनिअमची मुक्तता करता येत नाही. यामुळे, शुद्ध टायटॅनिअम मिळविण्यासाठी शास्त्रज्ञाना रूढ मार्गाखेरीज इतर शोधणे भाग पडले.

१९४० मध्ये अमेरिकन शास्त्रज्ञ क्रॉल याना टायटॅनिअमची औद्योगिक प्रत मिळविण्याचे तंत्र विकसित करणे शक्य झाले. प्रथम क्लोरिन व कार्बनच्या साहाय्याने टायटॅनिअम डायॉक्साइडचे टायटॅनिअम टेट्राक्लोराईडमध्ये रूपांतर केले जाते. आता त्यातील क्लोरिनशी मुकाबला करणे खूपच सोपे जाते. अन्यथा, त्याची जागा ऑक्सिजननेच घेतलेली असते. त्यानंतर टायटॅनिअम टेट्राक्लोराईडमध्ये मॅग्नेशिअम अथवा इतर कोणतेतरी मूलद्रव्य मिसळले जाते. मॅग्नेशिअम आणि टायटॅनिअम टेट्राक्लोराईडची जी प्रक्रिया घडून येते त्यातून टायटॅनिअम, मॅग्नेशिअम व मॅग्नेशिअम क्लोराईड हे घटक असलेले स्पंजसदृश संयुग मिळते. शुद्ध, घनरूप टायटॅनिअम मिळविण्यासाठी या "स्पंजाचे" निर्वातावस्थेत किंवा अक्रियाशील वायूमध्ये प्रगलन (धातु वेगळा करण्याची क्रिया) केले जाते. निर्वात अवस्था किंवा अक्रियाशील वायु वापरल्याने वातावरणातील ऑक्सिजन व नायट्रोजनपासून धातूचे रक्षण होते.

धातुरूप टायटॅनिअम मिळविण्याची आणखी एक सोडिअम-औष्णिक पद्धत असून ती मॅग्नेशिअम-औष्णिक पद्धतीपेक्षा थोडीशीच वेगळी आहे. आज टायटॅनिअमची खास शुद्ध प्रत मिळविण्यासाठी फॉन आर्केल आणि द बोअर (यांचा उल्लेख पूर्वी आलाच आहे) यांची आयोडाइड-पद्धत वापरली जाते. या पद्धतीत, व्यापारीदृष्ट्या शुद्ध असणाऱ्या टायटॅनिअमची प्रत मिळू शकते. टायटॅनिअमचे क्लोराईड संयुग, आयोडाइड संयुगात रूपांतरित केले जाते व त्याचे निर्वातास्थेत संप्लवन (घन पदार्थ द्रवरूप न पावता सरळ वायूमध्ये रूपांतरित होण्याची क्रिया) केले जाते. टायटॅनिअमच्या तप्त तारेशी (१४०० अंश से. तपमानातील) संयोग पावताच, आयोडाइडची वाफ विभाजन पावते आणि शुद्ध टायटॅनिअम तारेवर जमा होते. तथापि, ही पद्धत अतिशय महागडी असल्यामुळे औद्योगिकदृष्ट्या ती वापरली जात नाही पण या मार्गे तयार होणारे टायटॅनिअम प्रायोगिक संशोधनार्थ वापरले जाते.

आता आपल्या लक्षात आलेच असेल की टायटॅनिअमचे गुणधर्म त्याच्या शुद्धतेवर अवलंबून असतात.

म्हणूनच, मोठ्या प्रमाणात उच्च शुद्धतेचे टायटॅनिअम तयार करणे हा उद्योगधंद्यांपुढील मोठा निर्णायक स्वरूपाचा प्रश्न आहे. वस्तुस्थिती अशी आहे की अत्यंत विपूल प्रमाणात साठा असूनही एक टक्क्याच्या काही हजारांव्या भागाचेही धातूमध्ये रूपांतर केले जात नाही. उत्पादनक्षमतेत वाढ होत आहे खरी पण मागणी केव्हाच पुरवठ्याची मर्यादा ओलांडते. अमेरिकन सरकारने या धातूची अ-सैनिकी क्षेत्रात विक्री करण्यास कारखानदारांवर दीर्घकाल बंदी घातली आहे ती काही उगाचच नव्हे.

खास संशोधन संस्था आणि त्यातील नित्य वाढत जाणारे संशोधक टायटॅनिअमचे उत्पादन कोणत्या प्रकारे स्वस्त करता येईल यावर सतत संशोधन करीत आहेत. एक लक्षात घेण्याजोगी बाब अशी की क्लीव्हलॅंड (अमेरिका) येथे जेव्हा हलक्या धातूंच्या संशोधनार्थ एक नवी संस्था उभारली गेली तेव्हा उद्‌घाटन प्रसंगी जी फित कापली गेली, ती होती... टायटॅनिअमची! ती कापण्यासाठी क्लीव्हलॅंडच्या नगराध्यक्षाना संरक्षक चष्मा घालून ज्योत वापरावी लागली.

आज हजारो शास्त्रज्ञांचे लक्ष टायटॅनिअमने खेचून घेतले असून या धातूच्या नमुन्यांवर ठिकठिकाणी जणू मोडतोडीचे प्रयोग चाललेले दिसतात. प्रयोगशाळांमधून ते तोडले-फोडले जाते, वाकविले जाते, अम्ले व अल्कपदार्थात "शिजविले" जाते, लालभडक तप्तावस्थेत नेले जाते, अतिथंड तपमानात थंड केले जाते, प्रचंड वजनाखाली तपासले जाते, त्यामधून उच्च कंप्रतेचा विद्युत्प्रवाह खेळविला जातो आणि श्राव्यातीत ध्वनीचे त्यावर होणारे परिणाम पाहिले जातात. या धातूचे रहस्यमय स्वरूप अशा प्रयत्नांतूनच उघड होईल.

# ६. "जीवनसत्त्व व्ही"

अपघातातून मिळालेली दृष्टी – कल्पना सत्यसृष्टीत उतरली – दार ठोठावले पण उघडण्यास नकार – नील्स सेफस्ट्रॉमचे भाग्य – वोलरकडून डेल रिओच्या चुकीची पुनरावृत्ती – "माझा गाढवपणाच झाला" – हेन्री रोस्कोचे यशस्वी प्रयोग – एका कि. ग्रॅ. ला ५० हजार रूबल! – शुक्रावरील खनिजाची आयात – न थकणाऱ्या पोलादाचे रहस्य – आकाशातून रोखलेली बंदूक – आक्रमक व संरक्षक कामासाठी उपयुक्त – पोलाद-निर्मात्यांचे "राजकारण" – शायांतील इंद्रधनुष्य – आनंदित झालेली डुकरे – सागर-संग्राहक – समुद्रातील लागवड – गतकालाचा संदेश.

"व्हॅनाडिअम नसते तर मोटारी दिसल्याच नसत्या." मोटार-उद्योगाचा जणू राजाच, अशा हेन्री फोर्ड या उद्योगपतीचे हे उद्‌गार आहेत. १९०५ मध्ये एका बडया मोटार-शर्यतीच्या कार्यक्रमास हेन्री फोर्ड उपस्थित होते. अशा शर्यतींमध्ये जे घडणे शक्य असते तसेच झाले. मोटारी एकमेकींवर आदळल्या. काही वेळाने अपघातस्थळी फोर्ड गेले आणि मोडतोड झालेल्या एका मोटारीचे तुटलेले काही भाग त्यानी उचलले. ती फ्रेंच मोटार होती व तुटलेले भाग तिच्या झडपेच्या चातीचे होते. त्यात विशेष काही लक्ष देण्याजोगे नव्हते पण काही बाबतीत फोर्ड फार चिकित्सक होते. त्यामुळे त्या तुटक्या भागाचा हलकेपणा व भरपूर कणखरपणा त्यांच्या चाणाक्ष बुद्धीने लगेच हेरला. एका प्रयोगशाळेकडे त्यानी तो तपासणीसाठी पाठविला आणि असे निष्पन्न झाले की त्या वैशिष्ट्यपूर्ण पोलादात व्हॅनॅडिअम होते.

फोर्ड यांच्या मनाने घेतले की अशा प्रकारचे पोलाद मोटार-उद्योगात मोठ्या प्रमाणात वापरले पाहिजे. त्यास कारणेही तशी सबळ होती. त्यांची कल्पना प्रत्यक्षात आल्यास मोटार कितीतरी हलक्या वजनाची होईल, धातूच्या वापरात मोठी बचत होईल आणि त्या स्वस्त होतील. साहजिकच खरेदीदारांच्या संख्येत वाढ होऊन भरपूर नफा मिळेल. आणि मग फोर्ड या कल्पनेच्या मागे लागले. आपली योजना प्रत्यक्षात येईपर्यंत अनेक अडचणीतून त्याना जावे लागले. पुढे फ्रान्सच्या व्यापार आणि उद्योगखात्याने नव्या फोर्ड गाडीचे काही भाग जेव्हा तपासले तेव्हा ध्यानात आले की फ्रेंच पोलादापेक्षा अमेरिकन पोलाद सर्व बाबतीत अग्रेसर आहे. एका शर्यतीतील अपघात खरा पण त्याने मोटार-उद्योगात क्रांती घडवून आणली.

सबंध मोटार-उद्योगात एवढी क्रांति घडवून आणणारा व्हॅनाडिअम हा असा कोणता धातु आहे? सुप्रसिद्ध स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ बर्झेलिअस या धातूच्या शोधाची नवलकथा पुढीलप्रमाणे सांगतात:

"फार फार पूर्वीच्या काळी, सर्वांचे प्रेम असणारी व्हॅनाडिस ही रूपसंपन्न देवता अति उत्तरेकडे राहत होती. एक दिवस आपल्या महालात ती विश्रांती घेत असता कुणीतरी दारावर टक्‌टक् केल्याचे तीस ऐकू आले. पण चटकन् न उठता ती स्वतःशीच उद्‌गरली, "पुन्हा एकदा त्यास टक्‌टक् करू दे." पण दुसऱ्यांदा दरवाजा ठोठाविल्याचे काही ऐकू आले नाही पण कुणीतरी माघारी गेल्याचा आवाज मात्र तिला ऐकू आला. त्या देवतेचे कुतुहल जागृत झाले. "तो आदबशीर पण लाजाळू अभ्यागत कोण बरे असावा?" तिने खिडकी उघडून डोकावून पाहिले, तर कुणी वोलर

नामक व्यक्ती, घाईघाईने अंगण ओलांडून जात असल्याचे तिला पहावयास मिळाले.

पुढे काही दिवसानी असाच प्रसंग पुन्हा घडला. यावेळी मात्र दार ठोठावणे चालू राहिले, ते तिने दार उघडेपर्यंत – दार उघडताच रूबाबदार नील्स सेफ्स्ट्रॉम तिच्या दृष्टीस पडला व ती लज्जित झाली. एकमेकांच्या प्रेमात पडण्यास त्याना वेळ लागला नाही. या प्रेमाची परिणती पुढे त्याना पुत्ररत्न प्राप्त होण्यात झाली व आपल्या मुलाचे व्हॅनाडिअम असे नाव त्यानी ठेवले.

१८३१ मध्ये स्विडिश भौतिकशास्त्रज्ञ नील्स सेफ्स्ट्रॉम याने जो एक नवा धातु शोधून काढला तेच हे व्हॅनाडिअम होय."

या कथेत एक चूक झालेली दिसते. व्हॅनाडिस देवतेचे दार ठोठाविणारी पहिली व्यक्ती जर्मन रसायज्ञ फ्रेडरिक वोलर ही नसून अँड्रीज मॅन्युएल डेल रिओ हा मेक्सिकोतील रसायनज्ञ व खनिजतज्ज्ञ होता. वोलरच्या खूप आधी, म्हणजे १८०१ मध्ये, मेक्सिकोतील तपकिरी रंगाचे शिशाचे खनिज तपासण्याचे काम करता करता त्यामध्ये त्यावेळे-पावेतो अज्ञात असणारा एक नवा धातु डेल रिओस आढळला. त्याची संयुगे विविधरंगी होती व त्यानुसार या शास्त्रज्ञाने "सर्वरंगी" अशा अर्थाचे "पॅन्क्रोमिनम" हे नाव त्याना बहाल केले. पुढे "एरिट्रोनिअम" म्हणजे लालरंगी असा त्यात बदल झाला,

पण डेल रिओला आपला शोध शास्त्रीयरीत्या काही सिद्ध करता आला नाही. १८०२ मध्ये तो अशा निष्कर्षाप्रत पोहोचला की हा धातु ऊर्फ मूलद्रव्य म्हणजे पूर्वीच उजेडात आलेले क्रोमिअम आहे. पुढे कित्येक वर्षानी, व्हॅनॅडिस देवतेचे लाजत लाजत दार ठोठावणाऱ्या वोलरनेही याच चुकीची पुनरावृत्ती केली.

सुमारे ३० वर्षानी व्हॅनॅडिअमचा जणू दुसऱ्यांदा जन्म झाला. त्यावेळी या नवजात बालकाजवळ नील्स सेफस्ट्रॉम उभा होता. स्वीडनमध्ये त्यावेळी धातुविज्ञानाची प्रारंभीची पावले पडू लागली होती आणि तेथील वेगवेगळया भागात कारखाने उभे राहत होते. याचवेळी शास्त्रज्ञांचे लक्ष एका वैचित्र्यपूर्ण घटनेकडे वेधले गेले. एका ठिकाणच्या लोहखनिजापासून मिळणारा धातु फारच ठिसूळ होता तर इतर ठिकाणच्या खनिजांपासून मिळणाऱ्या धातूच्या अंगी भरपूर अकार्यता आढळत असे. या फरकाचे कोणते कारण असावे? हे कारण शोधण्याचे सेफस्ट्रॉमने ठरविले. उच्च प्रतीचा धातु देणाऱ्या खनिजांच्या रासायनिक घटकांचे त्याने विश्लेषण केले आणि चिकाटीच्या प्रयोगांतून असे दाखवून दिले की त्यामध्ये एक नवे मूलद्रव्य आहे. डेल रिओने पूर्वी शोधलेलेच पण चुकीने क्रोमिअम म्हणून समजले गेलेले हे नवे मूलद्रव्य असून या नव्या धातूचे नाव "व्हॅनाडिअम" असे ठेवण्यात आले.

अशाप्रकारे, डेल रिओ किंवा वोलर यापैकी कुणालाच या नव्या धातूचा धर्मपिता होता आले नाही. खरे तर हे नाते प्रस्थापित करण्याच्या दृष्टीने ते कितीतरी जवळ पोहोचले होते.

रशियात, १८३४ मध्ये उराल पर्वतराजीतील बेर्योझोव खाणीत शिसे-खनिजात बेरिलिअम प्रथम

सापडले. पुढे १८३९ मध्ये पेर्ममध्ये असणाऱ्या काही वालुकाश्मातही ते आढळले. त्या सुरुवातीच्या काळातही रशियन इंजिनियर शुबिन यास लोखंड आणि तांब्यावर होणारे व्हॅनाडिअमचे अनुकूल परिणाम दिसून आले. तो आपल्या एका लेखात म्हणतो: "तांबेयुक्त ओतीव लोखंड, कृष्णवर्णी तांबे, परिष्कृत केले गेलेले (शुद्ध करण्यात आलेले) तांबे आणि ढेपस्वरूपी तांबे हे व्हॅनाडिअमयुक्त मिश्रधातु असून बहुधा या मूलद्रव्यामुळेच ते एवढे ताकदवान बनत असावेत."

शुद्ध व्हॅनाडिअम तयार करणे अनेक वर्षे कुणालाच शक्य झाले नाही. ते शक्य झाले ते इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञ हेन्री रोस्को यास. केवळ १८६९ मध्येच आणि तेसुद्धा दीर्घ प्रयत्नातून या धातूची शुद्ध प्रत मिळविता आली. पण त्या काळी शुद्धतेच्या ज्या कल्पना, मानदंड होते त्यानुसारच ते शुद्ध समजले पाहिजे कारण, या "शुद्ध" प्रतीत चार टक्क्यांपेक्षाही अधिक प्रमाणात अशुद्ध द्रव्ये आलेली होती. अशुद्धतेचे अल्पसे प्रमाणही या मूलद्रव्याच्या गुणधर्मात अपार बदल घडविण्यास कारणीभूत होते. शुद्ध व्हॅनाडिअम रूपेरी शुभ्र रंगाचे असून अंगच्या उत्कृष्ट अकार्यतेमुळे त्यावर घडणकाम करता येते. पण नायट्रोजन, ऑक्सिजन व हायड्रोजनसारख्या

मूलद्रव्यांच्या अत्यल्प अस्तित्वामुळे हा धातु कडक, ठिसूळ आणि कापण्याघासण्यासारख्या यांत्रिक कामास त्रासदायक ठरतो. शुद्ध व्हॅनाडिअम तयार करणे हे एक महाकठीण काम आहे असे बराच काळ समजले गेले याचे कारण उच्च तपमानात असणारी त्याची अत्यंतिक क्रियाशीलता! त्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या मुशींसाठी योग्य धातु मिळणेच अवघड ठरले होते, व्हॅनाडिअममध्ये ते वितळून अशुद्धता मात्र निर्माण होत असे. अगदी अलिकडेच, विद्युत्‌विघटनाच्या साहाय्याने शुद्ध व्हॅनाडिअम मिळविण्याचे तंत्र विकसित करण्यात आले असून त्यायोगे ९९.९९ टक्के शुद्धतेचे व्हॅनाडिअम मिळविता आले आहे.

बऱ्याच काळपर्यंत औद्योगिक क्षेत्रात व्हॅनाडिअमच्या उपयोगास वाव मिळत नव्हता. १९०७ मध्ये व्हॅनाडिअमचे जागतिक उत्पादन किती होते, तर अवघे तीन टन, आणि त्यास किंमत केवढी पडत होती, तर एका कि. ग्रॅ. ला सोन्याची ५०००० रूबलची नाणी!

अत्यंत तोकडे उत्पादन आणि अफाट किंमत यामागचे कारण समजण्याजोगे आहे. पृथ्वीच्या कवचात या धातूचे ०.२ टक्के एवढे भरपूर प्रमाण असूनही (शिशापेक्षा ते १५ पट आणि रूप्यापेक्षा २००० पट अधिक भरते) त्याचे साठे असे आढळून येत नाहीत व त्यामुळेच ते दुर्मिळ समजले जाते. म्हणूनच, एखाद्या खनिजात जर १ टक्का व्हॅनाडिअम उपलब्ध असेल तर ते फार उत्कृष्ट दर्जाचे समजले जाते; आणि अगदी ०.१ टक्का प्रमाण असणारे खनिजही औद्योगिक प्रक्रियेसाठी योग्य ठरते.

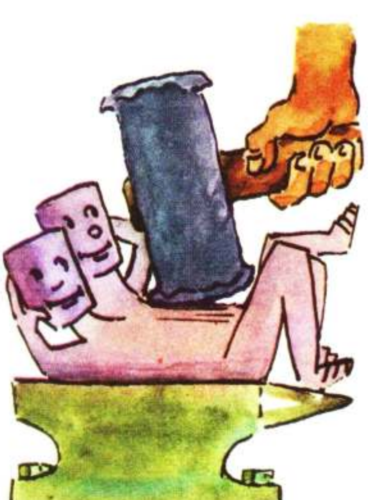
एक आश्चर्याची गोष्ट अशी की पृथ्वीवर जे उल्कापाषाण सापडतात त्यामध्ये व्हॅनाडिअमचे प्रमाण पृथ्वीच्या मानाने तिप्पट असते. सूर्याच्या वर्णपटात व्हॅनाडिअमनिदर्शक अनेक रेषा आढळत असल्यामुळे पृथ्वीपेक्षा सूर्यात व्हॅनाडिअमचे प्रमाण जास्त असणार असे निश्चितपणे म्हणता येईल. शक्य आहे की पुढे भविष्यकालात केव्हा तरी

मंगळ किंवा शुक्र ग्रहावरून व्हॅनाडिअमयुक्त खनिजांची पृथ्वीकडे निर्यात होत असल्याचे दृष्य पहावयास मिळेल. मात्र आज भूवासियाना पृथ्वीवर जे काही खनिज उपलब्ध असेल त्यावरच समाधान मानणे भाग आहे.

कित्येक दशके या विस्मयजनक धातूचा काहीच उपयोग होऊ शकला नाही. त्यामागील कारण हेच की खनिजापासून ते धातुरूपात मिळविणे हे चांगलेच कठीण काम आहे. पण आता तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात जी वेगवान प्रगती होत आहे त्यामुळे व्हॅनाडिअमच्या विस्तृत उपयोगाचा मार्गही मोकळा झाला आहे. पोलादास अतिशय महत्त्वपूर्ण व अजोड गुणधर्म प्राप्त करून देण्याचा या मूलद्रव्याचा जो गुणधर्म आहे त्यामुळे पोलादास आवश्यक असणारे ते जणू जीवनसत्त्वच ठरले आहे. "जीवनसत्त्व व्ही" या स्वरूपातच त्याने आपले भवितव्य निश्चित केलेले दिसते.

पोलादात अगदी अल्प प्रमाणात (एक टक्क्याचा काही भाग) व्हॅनाडिअमचा उपयोग केल्यास पोलादास सूक्ष्म कणरूप प्राप्त होते, ते लवचिक बनते, त्यामध्ये उत्तम ताकद येऊन आघातास व वाकण्यास उत्कृष्ट रोधक ठरते. असे पोलाद सहजासहजी झिजत नाही व विदारणही (भंगणे अथवा फुटणे) पावत नाही. मोटारीतील भागांसाठी नेमक्या याच गुणधर्मांची नितांत आवश्यकता असते, म्हणूनच वाहनातील इंजिनांचे भाग, झडपांच्या स्प्रिंगा, आधांतरीत स्प्रिंगा, आस, दंतचक्रे, स्तंभदंड हे कधीच न थकणाऱ्या व्हॅनाडिअमयुक्त पोलादाचेच तयार केले जातात. हेन्री फोर्ड यानी अशा मिश्रपोलादास एवढे महत्त्व का दिले ते आता उघड होईल.

पहिल्या महायुद्धाच्या वेळी एका फ्रेंच विमानावर नेहमीची यांत्रिक बंदूक न बसविता जमिनीवर चालवावयाची अवजड बंदूक बसविली गेली. पण विमानावर अशा प्रकारची बंदूक जोडणे कसे शक्य झाले? कारण, या विमानांची वजन उचलण्याची क्षमता तेवढी खास नव्हती. पुढे असे



उघड झाले की व्हॅनाडिअमयुक्त पोलादात त्या घडविल्या गेल्यामुळे हलक्या वजनाच्या होऊन ते शक्य झाले. वजनात तुलनात्मकदृष्टया हलक्या होऊनही त्यांचा कणखरपणा मोठा उल्लेखनीय होता व त्यामुळेच फ्रेंच सैनिकाना जर्मन विमानांवर गोळ्यांचा पाऊस पाडून ती नष्ट करता आली.

पुढे सैनिकांच्या शिरस्त्राणासाठी व्हॅनाडिअमपोलाद वापरले गेले. ते हलके, कमी जाडीचे तर ठरलेच पण बंदुकीच्या गोळ्यांपासून व बॉम्बगोळ्यांच्या तुकड्यांपासून हुकमी संरक्षण देणारेही ठरले. बंदुकधारी सैनिकांसाठीही संरक्षक आडोशाची जरूरी होतीच. त्यासाठी शेफील्ड येथील धातुवैज्ञानिकानी संरक्षक कवचाचे व सिलिकॉन व निकेल असणारे मिश्रपोलाद तयार केले. पण खेदाची बाब ही की त्याच्या चाचणीच्या वेळी गोळ्या आरपार जाऊन त्याचे तक्ते तुटून फुटून जात. मग असे ठरले की फक्त ०.२ टक्के व्हॅनाडिअम असणाऱ्या मिश्रपोलादाचा या कामासाठी उपयोग करून पहावे. त्याचे निष्कर्ष अपेक्षेपेक्षा कितीतरी यशदायी ठरले. अगदी कठीण स्वरूपाच्या चाचण्यांमध्ये ते १०० पैकी ९९ उदाहरणात यशस्वी ठरले.

अशा प्रकारे आक्रमक आणि संरक्षक अशा दोन्ही क्षेत्रात व्हॅनाडिअम सारख्याच कार्यक्षमतेने उपयुक्त ठरले. अमेरिका, फ्रान्स व इंग्लंडमधील अनेक कारखाने व्हॅनाडिअमचा वापर मोठ्या राजी-खुशीने करू लागले. पण अशा क्षेत्रात अत्यंत तज्ज्ञ समजले जाणारे जर्मन धातुवैज्ञानिक मात्र या प्रश्नाकडे कुचेष्टेनेच पाहत होते. व्हॅनाडिअमचा, मिश्रधातूंतील घटक म्हणून वापर करण्याकडे ते फार संशयी दृष्टीने पाहत आणि असा उपयोग त्यानी नाकारला. व्हॅनाडिअमचे उत्पादन करणे व्यर्थ आहे असेही एका जर्मन कारखान्याने जाहीर करून टाकले. हा मोठाच विरोधाभास म्हटला पाहिजे.

या मागचे कारण अखेर उघडकीस आले. जर्मन लोकांजवळ स्वदेशी खनिजे उपलब्ध नव्हती आणि वाढत्या मागणीमुळे या धातूची किंमत वाढू देण्यास त्यांचा विरोध होता. म्हणूनच व्हॅनाडिअम-युक्त पोलादाचा वापर जेवढा कमी होईल तेवढे त्याना हवेच होते. या प्रकाराबरोबरच, व्हॅनाडिअम-ऐवजी इतर काही वापरता येईल का याचा कसून शोध घेणे चालूच होते. पण लौकरच त्यांच्या लक्षात आले की व्हॅनाडिअमशिवाय तरणोपाय नाही. त्यानंतर मात्र, व्हॅनाडिअम पोलादाबाबत चाललेले हे "राजकारण" संपुष्टात आले व उत्पादन दरवर्षी वाढू लागले.

आज व्हॅनाडिअमचा कोणकोणत्या क्षेत्रात वापर होतो याची यादी देणे केवळ अशक्य आहे. तथापि, विमान-उद्योग, रेल्वे-वाहतूक, विद्युत् आणि रेडिओ-उद्योग आणि संरक्षणखाते ही त्याच्या खपाची प्रमुख क्षेत्रे सांगता येतील.

ओतीव लोखंडही व्हॅनाडिअममार्फत आपला फायदा करून घेते. अशा उच्च प्रतीच्या लोखंडा-पासून पिस्टन रिंगा, घडीव वस्तूंचे साचे इत्यादी उपयुक्त वस्तू तयार करता येतात.

केवळ धातूंसाठीच या "व्ही जीवनसत्त्वाचा" उपयोग होतो असा प्रकार मुळीच नाही. त्याची क्षारद्रव्ये निरनिराळ्या रंगात (हिरवी, पिवळी, तांबडी, काळी व सोनेरी) उपलब्ध असतात व त्यामुळे त्यांचा रंजकद्रव्ये म्हणून व विशेष प्रकारच्या छपाईच्या शाई करण्यासाठी, काचेच्या व चिनी मातीच्या उद्योगामध्ये उत्तम प्रकारे वापर होतो. खरे पाहता, सेफस्ट्रॉमच्या शोधानंतर व्हॅनाडिअमने जर पहिल्यांदा कोणत्या क्षेत्रात पदार्पण केले असेल तर ते चिनी मातीच्या उद्योगात. व्हॅनाडिअमच्या संयुगांचा वापर करून चिनी मातीच्या वस्तूंवर सोनेरी रंग चढवीला जात असे आणि काचेला हिरवी किंवा निळी छटा देण्यात येत असे.

१८४२ मध्ये प्रसिद्ध रशियन रसायनशास्त्रज्ञ एन. एन. झिनिन यानी ॲनिलिनची निर्मिती केली व त्याचा रंजकद्रव्यांच्या उद्योगावर जबरदस्त परिणाम घडून आला. येथेही व्हॅनाडिअमच्या उप-युक्ततेचे स्वागतच झाले. असे दिसून आले की २०० कि. ग्रॅ. रंगरहित ॲनिलिनचे रूपांतर कृष्ण-वर्णी ॲनिलिन या तीव्र रंजकात करण्यासाठी फक्त एक ग्रॅम व्हॅनाडिअम पेंटॉक्साईड पुरेसे आहे.

आधुनिक रसायनशास्त्राचे व्हॅनाडिअमवाचून चांगलेच अडते. रसायनशास्त्राचा आधार असलेल्या सल्फ्यूरिक आम्लाच्या (गंधकाम्लाच्या) उत्पादनात व्हॅनाडिअम पेंटॉक्साईडचा एक उत्प्रेरक म्हणून उत्कृष्ट वापर होतो. पूर्वी त्याऐवजी प्लॅटिनमचा थर दिलेले ॲसबेस्टॉसचे चूर्ण वापरत असत. पण हा उत्प्रेरक पदार्थ फार महाग आणि काहीसा "अविश्वासनीय" होता; वायूंमुळे तो दूषित होत असे व उत्प्रेरक म्हणून काम करण्यास नकार देई. म्हणूनच, ओडेसा येथील रसायनशास्त्र संस्थेने व्हॅनाडिअमच्या ऑक्साइड संयुगांवर आधारित सल्फ्युरिक आम्ल तयार करण्याची पद्धती जेव्हा प्रचारात आणली तेव्हा सर्व कारखान्यानी प्लॅटिनम-ॲस्बेस्टॉस उत्प्रेरकाचा वापर करणे बंद केले. पेट्रोलिअमचे भागश: विभाजन करण्यासाठी आणि इतर अनेक कार्बनी संयुगे निर्माण करण्यासाठी व्हॅनाडिअमच्या महत्त्वपूर्ण गुणधर्मांचा भरपूर वापर केला जातो.

अगदी डुकरांसाठीसुद्धा उपयोगी पडण्यात

व्हॅनाडिअम मागे सरले नाही. याबाबत अर्जेंटिनात जे प्रयोग केले गेले त्यामधून असे निष्पन्न झाले की डुकरांच्या खाद्यात व्हॅनाडिअम जर वापरले तर त्यांची भूक चांगली वाढते आणि वजनात वेगाने वाढ होते.

लाँग बीच रुग्णालयात (अमेरिका) उंदरांच्या वाढीसंबंधी करण्यात आलेल्या प्रयोगात व्हॅनाडिअमचा प्रभाव दिसून आला. उंदरांच्या ज्या गटास व्हॅनाडिअमविरहित खाद्य दिले गेले त्यांची वाढ, व्हॅनाडिअम युक्त खाद्य दिलेल्या गटाच्या तुलनेने निम्म्याने झाली. पण त्यांच्या खाद्यात व्हॅनाडिअमचा थोडासा अंश मिसळताच केवळ काही दिवसात त्यांची नेहमीएवढी वाढ झाल्याचे दिसून आले.

अनेक सजीव पेशींच्या कार्यात व्हॅनाडिअम अत्यावश्यक आहे हे आता सिद्ध झाले आहे. अंडी, खराब झालेले मांस, गायीचे दूध, प्राण्यांची यकृते आणि माणसाच्या मेंदूत ते सापडले आहे.

एक कुतूहलपूर्ण वस्तुस्थिती अशी की काही समुद्रवनस्पती आणि प्राणी (जलोद्‌गारी ऊर्फ अॅसिडियन, सागरी काकडी, सागरी कारंजी प्राणी, सागरी करंडा) सभोवतालच्या परिसरातील व्हॅनाडिअम प्रथम मोठ्या गूढ मार्गाने मिळवून त्याचा "साठा" करतात. काही शास्त्रज्ञांचा असा विश्वास आहे की मानवी व तत्सम उत्क्रांत प्राण्यांच्या रक्तातील लोह जे कार्य करते तेच व्हॅनाडिअम या वनस्पतींमध्ये व प्राण्यांमध्ये करीत असावे, म्हणजेच त्यांच्या श्वसनकार्यात मदत करीत असावे. इतरांचा असा कयास आहे की ते समुद्रजीवनास श्वसनकार्यासाठी नव्हे तर खाद्य म्हणून लागते. खरी परिस्थितरी काय हे पुढील संशोधनच सिद्ध करेल. आतापावेतो असे सिद्ध झाले आहे की सागरी काकडी या प्राण्याच्या (होलोथुरिअन वर्गातील प्राण्यांच्या) रक्तात १० टक्क्यांपर्यंत व्हॅनाडिअम असते तर काही जलोद्‌गारी प्राण्यांच्या रक्तात समुद्रजलाच्या तुलनेने लाखो पट अधिक व्हॅनाडिअम सापडते. व्हॅनाडिअमच्या पेढ्या असेच त्यांचे सार्थ वर्णन करता येईल. या सागरी प्राण्यांपासून व्हॅनाडिअम मिळविता येईल काय असा विचार शास्त्रज्ञांच्या मनात सहजच आला. याचे एक उदाहरण म्हणजे जपानमध्ये अशा प्राण्यांची 'लागवड' एक किलोमीटरपर्यंत पसरली आहे. या प्राण्यांचे प्रजोत्पादन फारच जोरदार असून एका चौरस मीटर जागेत एकूण दीडशे कि. ग्रॅ. वजनाचे प्राणी तयार होतात. हे 'पीक' काढल्यानंतर सजीव खनिज खास प्रयोगशाळांकडे पाठविले जाते व तेथे या प्राण्यांच्या शरिरातील व्हॅनाडिअम मिळविले जाते. अलिकडेच एका वृत्तसंस्थेच्या बातमीनुसार असे समजते की अशा प्राण्यांपासून मिळविलेल्या व्हॅनाडिअमचा वापर करून जपानने मिश्रपोलाद तयारही केले आहे.

एका सोविएत संरचना संस्थेमार्फत समुद्रवनस्पती

गोळा करणारे खास प्रकारचे जहाज तयार करणे चालू असून त्यावर आधुनिक उपकरणे, पाण्याखाली दूरचित्रण करणारे कॅमेरे व इतर विविध यांत्रिक उपकरणे बसविली जातील. अशा प्रकारची जहाजे समुद्रांतर्गत खनिजवाहक म्हणून लवकरच वापरली जातील.

व्हॅनाडिअमचा साठा करणारे इतर काही प्रकार भूपृष्ठावरही आढळतात. त्यापैकी एक प्रसिद्ध प्रकार डेथ् कप या नावाने ओळखला जातो. बुरशीचे काही प्रकार तर व्हॅनाडिअमशिवाय वाढणेच अशक्य आहे. ज्या वनस्पतीमार्फत कोणते ना कोणते तरी मूलद्रव्य साठविले जाते त्याना विज्ञानात जैवकेंद्रक असे म्हटले जाते. भूस्तरशास्त्रज्ञांच्या दृष्टीने त्यांचे फार महत्त्व असते कारण त्यांच्यामुळे एखाद्या महत्त्वपूर्ण खनिजाचे अस्तित्व समजण्यास मदत होते.

१९७१ मध्ये ताएन शान पर्वतराजीत सोविएत पुरावनस्पतिवैज्ञानिकाना तेथील डोंगरांच्या सोंडेत शास्त्रास अज्ञात असलेला एक वनस्पती-प्रकार सापडला. ही वनस्पती म्हणजे एकपेशीय शैवल असून ती निदान १५ लाख वर्षांपूर्वी तरी उगविलेली असावी. या शैवालाशी व्हॅनाडिअमचा संबंध कुठे येतो याचे वाचकाना आश्चर्य वाटेल. पण शास्त्रज्ञांच्या मतानुसार या दोहीत सरळ सरळ संबंध असावा. या शैवालप्रकाराने – शास्त्रज्ञानी त्यास "मेनेरिआ" असे नाव दिले आहे – आपल्या ग्रहाच्या वातावरण-निर्मितीत आणि भूकवचात व्हॅनाडिअम व युरेनिअम या सारखी मूलद्रव्ये साचविण्यात महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावलेली आहे असे म्हणता येते.

व्हॅनाडिअमच्या गतकाळाबद्दल आणि सद्यस्थितीबाबत हे विवेचन झाले. त्याच्या भविष्यकालाबद्दल काय म्हणता येईल? या वैशिष्ट्यपूर्ण धातूचे भवितव्य कोणत्या प्रकारे आकार घेईल?

आज त्याबद्दल काही सांगणे अशक्य आहे. पण त्याची भरपूर यांत्रिक ताकद, अत्युत्कृष्ट गंजरोधकता, उच्च वितळणबिंदू आणि लोखंडापेक्षा कमी असणारे विशिष्ट वजन या गुणसमुच्चयामुळे भावी काळात तो एक उत्तम प्रकारचा संरचनात्मक धातु ठरेल असे म्हणण्यास काही हरकत नाही. पण त्याअगोदर, निसर्गात दडलेला त्याचा अपार साठा शोधून त्यातील धातुरूप व्हॅनाडिअम भरपूर प्रमाणात मिळविणे हे प्रथम शिकणे फार जरूरीचे आहे.

# ७. "रेडलेडचे" गूढ

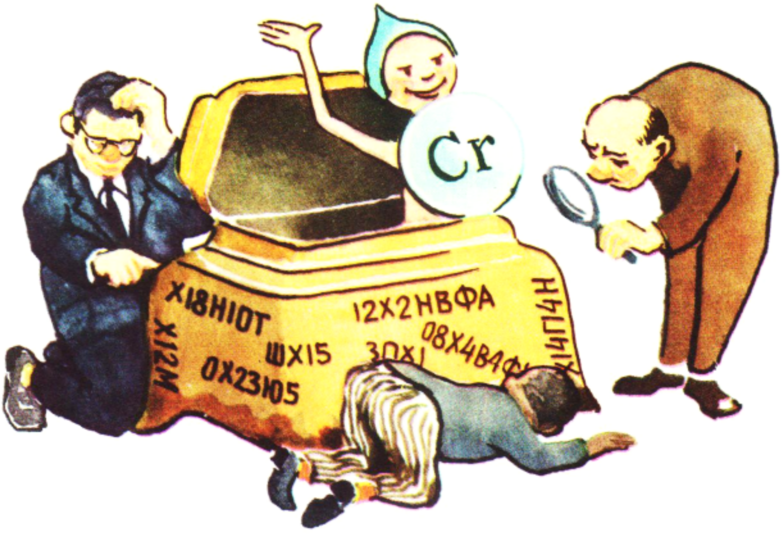
चित्रलिपीतील धडा – सैबेरियातील शेंदूर ऊर्फ रेडलेड – मुशीतील करडया रंगाच्या सुया – मित्रांचा सल्ला – सूर्याच्या तेजशिखा – फ्रेंच अकादमीने नोंदविलेला शोध – नशिबाची मेहेरनजर – धक्कादायक वागणूक – कार्बनचा प्रतिकूल प्रभाव – पोलादाचे पापुद्रे निघतात – संवेदनक्षम मिश्रधातु – पहिले स्वामित्व-हक्क – गोगलगायीच्या गतीने – जर्मन धातु-तज्ज्ञाबरोबर संभाषण – राखीव – 'क्रोमीयमलेदरचे' बूट – समस्याची सोडवणूक – नवे वैशिष्टय – अनपेक्षित अडथळे – आगीचे रेखाटन – ब्रिटीशांना ठाऊक होते ते काय करतात

कोणत्याही सोविएत धातुशास्त्रीय पुस्तकात विविध पोलाद-प्रकाराना जे निर्देशांक दिलेले आहेत त्यामध्ये X हे चिन्ह असलेली अनेक नावे आढळतात.

X18H10T, X12M, 0X23Ю5, ШX15, 8X4B4Φ1, X14Г14H3T, 12X2HBΦA, 30XMЮA असे ते निर्देशनांक आहेत. ज्यास त्याची काही कल्पना नाही त्यास ते चित्रलिपीप्रमाणे गूढ वाटणार यात शंका नाही. पण एखादा संगितज्ञ जेवढ्या सहजतेने आणि जाणतेपणे स्वरलिपी वाचतो तेवढ्याच सहजतेने एखादा पोलाद-कर्मचारी त्यांचा अर्थ जाणतो. अनियमितपणे जुळविलेल्या अक्षरांच्या व आकड्यांच्या संचांकडे धावता दृष्टिक्षेप जरी त्याने टाकला तरी त्या पोलाद-प्रकारात कोणती मूलद्रव्ये आलेली आहेत हे तो चटकन जाणू शकतो X या अक्षराने सूचित केलेले असते की त्यामध्ये क्रोमिअम हे मूलद्रव्य विशिष्ट प्रमाणात मिसळलेले आहे. ( X म्हणजे रशियन भाषेत क्रोमिअमचे अद्याक्षर होय ).

आपल्या इतर "सहकाऱ्यांसह"—निकेल, टंगस्टन, मॉलिब्डेनम, व्हॅनाडिअम, टायटॅनिअम, झिर्कोनिअम, निओबिअम, इत्यादी — कितीतरी क्षेत्रात वापरल्या जाणाऱ्या मिश्रपोलादाची मालिका क्रोमिअममुळे उपलब्ध होते. आजकालच्या आधुनिक तंत्रविज्ञानात वापरल्या जाणाऱ्या मिश्रपोलादाला कितीतरी "सवयी" अंगवळणी पडलेल्या हव्यात. त्याला प्रचंड दाब सहन करता आला पाहिजे, दाहक रसायनांचा परिणाम रोखता आला पाहिजे, अति ताणाखाली दीर्घकाळ टिकता आले पाहिजे, यांत्रिक कामांमध्ये ग्लानी रोखता येणे जरूरी आहे आणि उष्ण व थंड परिस्थितीशी टक्कर देता आली पाहिजे. ही सारी आश्चर्यकारक वागणूक पोलादास "शिकविण्यात" क्रोमिअम आपला वाटा अगदी आपुलकीने उचलतो.

इ. स. १७६६ मध्ये आय. जी. लेमन नामक सेंट पीटर्सबर्गच्या रसायनशास्त्राच्या प्राध्यापकाने एका खनिजाबाबत आपले मत प्रदर्शित केले होते. खनिजाचा हा नमुना, उराल पर्वतराजीत एकंटेरिंबर्ग (आता स्वेर्दलोव्स्क) नजिकच्या १५ कि. मी. वरील बेर्योझोव खाणीतील होता. या खनिजावर हायड्रोक्लोरिक आम्लाची प्रक्रिया केली असता त्या रसायनशास्त्रज्ञास पाचूसारख्या हिरव्या रंगाचा द्राव मिळाला आणि तळाशी जो पांढरा साखा जमा



झाला त्यात शिसे आढळले. पुढे काही वर्षांनी (१७७० मध्ये) ॲकॅडेमिशियन पी. एस. पालास यानी बेर्योझोव खाणींबद्दल पुढीलप्रमाणे माहिती दिली: "या बेर्योझोव खाणीमध्ये चार ठिकाणी १७५२ पासून खनिकर्माच्या जागा आढळतात. सोन्याखेरिज तेथे रूपे आणि शिशाचे खनिजही आढळते तसेच मोठ्या वेगळ्या स्वरूपाचे रेड लेड खनिज उपलब्ध असून ते रशियातील इतर कोणत्याच खाणीत आढळणारे नाही. सदरहू खनिज वेगवेगळ्या रंगात सापडत असून (कधी कधी ते सिन्नाबार-सारखेही दिसते) ते चांगले वजनदार व अर्धपार-दर्शकही आहे. कधी कधी या खनिजाचे क्वार्ट्झमध्ये रूतलेले व लाल माणकाप्रमाणे दिसणारे लहानसे व शंकूच्या अनियमित आकाराचे तुकडेही सापड-तात. ते दळले की त्यापासून उत्तम प्रकारचा पिवळा रंग मिळतो..." या खनिजास "सैबेरिअन रेड लेड" असे नाव देण्यात आले. पुढे त्यास "क्रॉकॉइट" अशी संज्ञा मिळाली.

१८ व्या शतकाच्या शेवटी पालासने क्रॉकॉइटचा नमुना पॅरिस येथे आणला. १७९६ मध्ये, या खनिजात स्वारस्य वाटल्यामुळे नामवंत फ्रेंच रसा-यनज्ञ लुईस निकोलस व्हॅक्वेलिन याने त्याचे रासा-यनिक पृथक्करण केले. या पृथःक्करणाच्या निष्कर्षां-बाबत तो म्हणतो: "युरोपमधल्या निरनिराळ्या खनिज-संग्रहालयात या पदार्थाचे जे नमुने ठेवलेले आहेत ते सारे या सोन्याच्या (म्हणजे बेर्योझोव) खाणीतील आहेत. तशी ही खाण या खनिजाने संपन्न होती पण असे सांगतात की कित्येक वर्षांपू-र्वीच तेथील साठे संपुष्टात आले आहेत. आज त्या खनिजास, विशेषत: ते पिवळ्या रंगातील असेल तर त्यास सोन्याचे मोल द्यावे लागते. या खनिजाचे मोडकतोडके तुकडे रंगकामात वापरता येतील कारण त्याचा रंग नारिंगी-पिवळा आहे, शिवाय तो हवेमुळे बदलतही नाही. सुरेख लाल रंग, पारदर्शकता आणि स्फटिकवत आकार या गुणांमुळे त्याबद्दल आणि ते जेथे सापडते त्या ठिकाणांबाबत खनिजशास्त्रज्ञांमध्ये मोठेच कुतुहल

निर्माण झाले आहे. त्याचे चांगले जाणवणारे वजन आणि त्याच्यासह आढळणारे शिशाचे खनिज यामुळे त्या खनिजात शिसे आहे हे समजण्यास भरपूर जागा आहे..."

१७९७ मध्ये व्हॅक्वेलिनने परत एकदा पृथःक्करण करून पाहिले. त्याने पोटॅशिअम कार्बोनेटच्या द्रावात क्रॉकॉइट खनिजाचा भुगा उकळला. या प्रयोगातून लेड कार्बोनेट निष्पन्न झाले आणि पोटॅशिअमचे क्षार असणारा व एक अज्ञात आम्ल असणारा पिवळा द्राव मिळाला. त्यामध्ये मर्क्युरिक क्षार द्रव्य मिसळले तेव्हा लालरंगी साखा तयार झाला आणि शिशाच्या क्षाराबरोबर प्रक्रिया केली गेली तेव्हा पिवळ्या रंगातील गाळ तयार झाला. त्यामध्ये स्टॅनस क्लोराईड मिसळले असता द्राव हिरव्या रंगाचा बनला. हायड्रोक्लोरिक आम्लाच्या साहा-य्याने त्यातील शिसे वेगळे केल्यावर उर्वरित द्रावाचे बाष्पीभवन केले व त्यातून जे लालरंगी स्फटिक मिळाले (ते क्रोमिअम अनहायड्राइडचे होते) त्या-मध्ये व्हॅक्वेलिनने कार्बन मिसळले. हे मिश्रण त्याने एका मुशीत ठेवून उच्च तपमानास तापविले. प्रयोग संपल्यावर त्यास असे आढळले की मुशीत करड्या रंगाच्या धातूच्या असंख्य सुया (किंवा

तशा आकाराचे तुकडे) जमा झाले. त्यांचे वजन, सुरुवातीस प्रयोगार्थ घेतलेल्या साहित्याच्या वजनाच्या फक्त एक-तृतियांश भरले. अशा प्रकारे एक नवे मूलद्रव्य उपलब्ध झाले. व्हॅक्वेलिनच्या एका मित्राने असा सल्ला दिला की या मूलद्रव्याच्या संयुगांच्या चमकदार व विविधरंगी स्वरूपामुळे त्यास "क्रोमिअम" ("रंग" या अर्थी "क्रोमा" या ग्रीक शब्दावरून) असे नाव द्यावे. खरे पाहता या मूलद्रव्याशी कोणताच संबंध नसणाऱ्या "क्रोम" या शब्दाचा अनेक संज्ञांशी संबंध येतो. उदाहरणार्थ, क्रोमोसोम ऊर्फ रंगसूत्र, क्रोमोस्कोप ऊर्फ वर्णदर्शक तसेच "ऑर्थोक्रोम", "पॅनक्रोम", "आयसोर्पन्-क्रोम" या नावाने ओळखले जाणारे छायाचित्रणाचे फिल्म-प्रकार तुमच्या परिचयाचे असतील. सूर्याच्या वातावरणात तयार होणाऱ्या झळाळींचे प्रकार ऊर्फ दीप्तीशिखा याना खगोलशास्त्रज्ञ क्रोमोस्फेरिक फ्लेअर्स ऊर्फ वर्णगोलातील दीप्तीशिखा असे म्हणतात.

या धातूला "क्रोमिअम" असे नाव द्यावे असे सुरुवातीस व्हॅक्वेलिनचे मत नव्हते. या नावास साजेसा असा त्याचा सुरुवातीस आढळलेला मंद करडा रंग नव्हता. पण त्याच्या मित्रानी हेच नाव देण्याबाबत त्याचे मन वळविले. पुढे फ्रेंच शास्त्र आकादमीने त्याच्या शोधास अधिकृत मान्यता दिली व जगभरचे रसायनशास्त्रज्ञ "क्रोमिअम" या नावाने हा धातु ओळखू लागले.

या नव्या धातूचे नशीब फार जोरदार ठरले. त्याचा उच्च वितळणबिंदू, अत्यंतिक कठीणता आणि इतर धातूंबरोबर, विशेषतः लोह धातूबरोबर मिश्रधातु तयार करण्यासंबंधी त्याची अनुकूल प्रवृत्ती यामुळे धातुशास्त्रज्ञांमध्ये त्याबाबत सतत औत्सुक्य राहिले आहे. अनेक वर्षे गेली पण हे औत्सुक्य कमी न होता वाढतच गेले असून आजही मिश्रधातूंचा एक महत्त्वाचा घटक म्हणून धातुविज्ञानात त्याचा सतत खप होत आहे.

धातूंच्या अंगी आवश्यक असे सर्व गुणधर्म क्रोमिअममध्ये आढळतात. हा धातु उत्तम उष्णतावाहक आहे व त्याची विद्युत्वाहकता श्रेष्ठ दर्जाची आहे. तसेच तो उत्तमप्रकारे चकाकतोही. पण एका बाबतीत मात्र त्याची प्रवृत्ती मोठी कोडयात टाकणारी ठरते. सुमारे ३७ अंश से. तपमानास हा धातु तप्त केल्यास त्यामध्ये उघड उघड विरोधी गुणधर्म निर्माण झाल्याचे पहावयास मिळते. अनेक गुणधर्मात महत्त्वाचे बदल होतात आणि तेही मोठ्या प्रमाणात. त्यातील अंतर्गत घर्षण-प्रवृत्ती अत्यधिक होते तर त्याचा स्थितिस्थापक गुणांक एकदम नीचतम पातळीस पोहोचतो. त्याच्या विद्युत्-

वाहकतेत, रेषात्मक प्रसरणशीलतेत आणि ऊष्मीय विद्युत् चालक प्रेरणेत एकाएकी, अचानक बदल घडून येतो. हे जे असंगत प्रकार क्रोमिअमच्या बाबतीत पहावयास मिळतात त्यांचे स्पष्टिकरण शास्त्रज्ञाना आजपर्यंत तरी देता आलेले नाही.

एवढेच नव्हे तर क्षुल्लक प्रमाणात जरी अशुद्धता त्यात निर्माण झाली तरी ते ठिसूळ बनून त्याचा संरचनात्मक वापर होणे अशक्य होते, पण मिश्र-धातूंचा घटक म्हणून ते उपयोगी पडते. या कामा-साठी मात्र धातुशास्त्रज्ञात क्रोमिअम अत्यंत प्रिय आहे. अगदी अल्प प्रमाणात जरी ते पोलादात मिसळले तरी असे मिश्रपोलाद अत्यंत कठीण व झीज न जुमानणारे बनते. गोलक धारव्यांसाठी वापरल्या जाणाऱ्या पोलादाच्या अंगी या गुणांची तर नितांत आवश्यकता असते. अशा पोलादात क्रोमिअमसह (१.५ टक्के क्रोमिअम) कार्बनही (सुमारे १ टक्का) असते. त्यायोगे व पोलादात तयार होणाऱ्या क्रोमिअम कार्बाईडमुळेच पोलादास अत्यंत कठीणता प्राप्त होऊन ते झीजरोधकही बनते. झीज हा तर धातूंचा मोठाच घातक शत्रु समजला जातो.

उत्कृष्ट गंजरोधकता आणि ऑक्सिडीकरणास रोखण्याची पात्रता स्टेनलेस स्टील ऊर्फ निष्कलंक पोलादात असून त्यामध्ये १७ ते १९ टक्के क्रोमिअम व ८ ते १३ टक्के निकेल हे घटक असतात. पण अशा मिश्रपोलादास कार्बनचा फार तिटकारा असून जादा कार्बनमुळे कार्बाईड संयुगे तयार होतात. ती पोलाद-कणांच्या नजिक निक्षेपित तर होतातच शिवाय प्रत्यक्ष कणांमधील क्रोमिअमचा अंश कमी करण्यास व आम्ले व ऑक्सिजन यांचा सहज दुष्परिणाम होण्यास कारणीभूत ठरतात. म्हणूनच स्टेनलेस स्टीलमध्ये कार्बन कमीतकमी प्रमाणापेक्षा (०.१ टक्का) अधिक असून चालणार नाही.

उच्च तपमानात पोलादाचे पापुद्रे किंवा खवले निघू लागतात. अशा प्रकारे दोष निर्माण होऊ नये यासाठी त्यामध्ये २५ ते ३० टक्के क्रोमिअम मिसळले म्हणजे झाले. असे पोलाद १००० अंश से. तपमानात सहज टिकाव धरते.

निकेल, क्रोमिअम व लोह हे तीन घटक अस-णारा व नायक्रोम या नावाने ओळखला जाणारा मिश्रधातु निरनिराळ्या उपकरणांतील तापणाऱ्या भागांसाठी (उदा. इस्त्रीतील, पाणी गरम कर-णाऱ्या उपकरणातील, विद्युत् शेगडीतील) प्रामु-ख्याने वापरला जातो. या मिश्रधातूंमध्ये कोबाल्ट आणि मॉलिब्डेनम मिसळले असता ते ६५० ते ९०० अंश से. तपमानाच्या मर्यादेत उत्कृष्ट काम देतात. या मिश्रधातूपासून गॅस टर्बाईनची पाती बनवितात. कोमोक्रोमियम नामक कोबाल्ट, मॉलि-

ब्डेनम व क्रोमिअम यांचा मिश्रधातु शरिरांतर्गत द्रव्यांवर कोणताच दुष्परिणाम न करणारा असतो. यामुळे शरिरांतर्गत भागांच्या दुरुस्तीसाठी त्याचा उपयोग होतो.

एका अमेरिकन कंपनीने नव्या प्रकारचे साहित्य विकसित केले असून तपमानाच्या परिणामाखाली त्याचे चुंबकीय गुणधर्म बदलतात. या मिश्रधातूचे घटक म्हणजे मँगॅनीज, क्रोमिअम व अँटिमनी यांची संयुगे असून तपमानास संवेदनशील अशा स्वयंचलित उपकरणांमध्ये त्यांचा चांगला वापर होण्याची शक्यता वाटते. अधिक महागडे असे जे औष्णिक मिश्रधातु वापरले जातात त्याना हे पर्यायी व स्वस्त असेच ठरावेत.

आज जगात क्रोमिअम खनिजाचे जे काही उत्पादन केले जाते त्यापैकी मोठा भाग फेरोक्रोमिअम ऊर्फ लोह व क्रोमिअम याचे विविध मिश्रधातु तयार करण्यासाठी व क्रोमिअम धातु तयार करण्यासाठी वापरला जातो.

१८२० मध्ये प्रथमच फेरोक्रोमिअम तयार केले गेले. मुशीत फेरिक व क्रोमिक ऑक्साइड यांचे कार्बनच्या साहाय्याने क्षपण करून ते मिळविले गेले. शुद्ध धातुरूप क्रोमिअम १८५४ मध्ये क्रोमिक क्लोराईडच्या पाण्यातील द्रावाचे विद्युत्‌विघटन करून मिळविले गेले. याच सुमारास झोतभट्टीत कार्बनच्या साहाय्याने फेरोक्रोमिअम तयार करण्याचे प्रयत्न केले गेले. क्रोमिअमयुक्त पोलादाचे स्वामित्व-हक्क पहिल्यांदा १८६५ मध्ये दिले गेले. फेरोक्रोमिअमला दिवसेंदिवस वाढती मागणी येऊ लागली.

या धातूच्या व त्याच्या मिश्रधातूंच्या उत्पादनात विद्युत्‌शक्तीचा किंवा खरे तर विद्युत्‌औष्णिक ऊर्जेचा मोठा महत्त्वाचा वाटा आहे. १८९३ मध्ये फ्रेंच शास्त्रज्ञ मॉइसन याने कार्बनी फेरोक्रोमिअमचे विद्युत्‌भट्टीत प्रगलन (शुद्धिकरण) करून ६० टक्के क्रोमिअम व ६ टक्के कार्बन असणारे फेरोक्रोमिअम मिळविले.

क्रांतीपूर्व रशियात अशा मिश्रधातूंचे (फेरोॲलॉयचे) उत्पादन गोगलगायीच्या गतीने चालले होते. दक्षिणेकडील कारखान्यांमधून तयार होणारे फेरोसिलिकॉन व फेरोमँगॅनीज यांचे उत्पादन नगण्य होते. पुढे १९१० मध्ये सातका नदीच्या काठावर विद्युत् ऊर्जेवर चालणारा धातुशास्त्रीय कारखाना उभारण्यात आला. तेथे प्रथम फेरोक्रोमिअम व नंतर फेरोसिलिकॉन यांचे उत्पादन चालू झाले पण साऱ्या देशाची गरज भागविण्याच्या दृष्टीने ते तोकडेच ठरत होते. त्यामुळे रशियाला या मिश्रधातूंची इतर देशांकडून आयात करावी लागे.

१९१७ नंतरच्या स्वतंत्र रशियास, अत्यंत महत्त्वाच्या आणि उच्च प्रतीच्या पोलादनिर्मितीसाठी अत्यावश्यक असणाऱ्या साहित्याबाबत भांडवलदार देशांवर अवलंबून राहणे परवडणारे नव्हते. औद्योगिकरण साधणारे मोठमोठे कारखाने व तत्सम विस्तृत योजना या मुख्यत्वेकरून वेगवेगळ्या प्रकारच्या पोलादांवरच अवलंबून असतात. या पोलाद-प्रकारांचा क्रोमिअम हा तर एक मुख्य घटक असतो.

१९२७ व १९२८ मध्ये असे मिश्रधातु (फेरोॲलॉय) तयार करण्याच्या योजना आखल्या गेल्या. त्यापैकी चेल्याबिन्स्क मिश्रधातु कारखाना सोविएत संघामधील पहिला ठरला व त्यामध्ये १९३१ मध्ये उत्पादन सुरू झाले.

सोविएत संघातील दर्जेदार पोलाद-उत्पादनाचे एक आधारस्तंभ आणि सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीचे सदस्य व्ही. एस्. येमेल्यानोव हे त्यावेळी जर्मनीतील धातुशास्त्रीय कारखान्यांमध्ये अनुभव घेत होते. त्यावेळी झालेल्या संभाषणाची आठवण सांगताना येमेल्यानोव म्हणतात:

"१९३३ मध्ये, एका लहानशा कारखान्यातील प्रमुख इंजिनियरना मी विचारले की तुमच्या कारखान्यात तयार होणारे फेरोक्रोमिअम तुम्ही कुणाकुणाला विकता?

त्यानी सांगण्यास सुरुवात केली: "उत्पादनाचा सुमारे पाच टक्के भाग आसपासच्या रासायनिक कारखान्याना विकतो, बेकर कारखाना दोन टक्के उत्पादन खरीदतो, तीनएक टक्के भाग..."

"सोविएत संघामार्फत बरीच खरेदी होते काय?" मी मध्येच विचारले.

"गरजेनुसार अर्थातच ते खरेदी करतात. साधारणपणे उत्पादनाच्या ७५ ते ८० टक्के भाग तुमच्या कारखान्यांकडे रवाना होतो. खरे सांगावयाचे तर तुमच्याकडील उराल पर्वतराजीत मिळणाऱ्या खनिजाचाच आम्ही उपयोग करतो."

आणि ते खरे होते. त्यावेळी सोविएत क्रोमिअम खनिज केवळ जर्मनीसच नव्हे तर स्वीडन, इटली, अमेरिका या देशांकडे निर्यात होत होते. त्यांच्याकडून सोविएत संघ फेरोक्रोमची आयात करीत होता

हा प्रकार अखेर थांबला तो १९३३ मध्ये जेव्हा जपरोझ्ये व झेस्टाफॉनी येथे फेरोॲलॉयचे दोन कारखाने उभे राहिले. त्यानंतर या मिश्रधातूंचे मुख्य प्रकार आयात करणे बंद झाले, एवढेच नव्हे तर त्यांची निर्यातही होऊ लागली. राष्ट्रांतर्गत कारखान्याना जरूर असणाऱ्या सर्व फेरोॲलॉयचा पुरवठा नियमितपणे होऊ लागला.

१९३६ मध्ये कझाखस्तानातील अक्त्युबिन्स्कनजीक क्रोमाइटचे अत्यंत संपन्न साठे दृष्टोत्पत्तीस आले. हे खनिज म्हणजे फेरोक्रोमिअमच्या उत्पादनाचे प्रमुख कच्चे द्रव्य होय. या खनिजांवर आधारलेला व युद्धकाळात उभारला गेलेला फेरोॲलॉय कारखाना पुढे फेरोक्रोमिअम व क्रोमिअमच्या सर्व प्रकारांचे उत्पादन करणारा प्रमुख उद्योग ठरला.

उराल पर्वतराजीतही क्रोमाइटचे विपूल साठे आढळले आहेत. त्यापैकी औद्योगिकदृष्टचा अत्यंत महत्त्वाचे साठे म्हणजे सारानोव्स्क, व्हर्ब्ल्युझ्येगोर्स्क, अलापायेव्स्क, मानेत्नाया दाचा आणि खलिलोव्स्क हे होत. क्रोमिअम खनिजांच्या संशोधित साठ्यांमध्ये सोविएत संघ अग्रेसर आहे.

सोविएत संघाखेरीज क्रोमिअम खनिजांचे साठे टर्की, भारत, न्यू कॅलिडोनिया, क्युबा, ग्रीस, युगोस्लाविया आणि काही अफ्रिकी देशात आढळतात मात्र औद्योगिकदृष्टचा अत्यंत प्रगत अशा काही देशांमध्ये स्वदेशीय क्रोमिअम खनिज मुळीसुद्धा उपलब्ध नाही. ब्रिटन, फ्रान्स, फेडरल रिपब्लिक ऑफ जर्मनी, इटली, स्वीडन व नॉर्वे हे ते देश होत. अमेरिका व कॅनडा येथील खनिजे एवढी निकृष्ट दर्जाची आहेत की फेरोक्रोमिअमच्या उत्पादनात कच्ची द्रव्ये म्हणून ती कुचकामी ठरतात. जाता जाता हे सांगावे लागेल की पृथ्वीच्या कवचात क्रोमिअमचा अंश ०.०२ टक्के आहे.

क्रोमाइट खनिजांचा उष्णतारोधक साहित्याच्या क्षेत्रात मोठा उपयोग होतो. मॅग्नेसाइट व क्रोमिअम यांच्या मिश्रणातून अतिशय उच्च प्रतीच्या उष्णतारोधक विटा तयार होतात व त्या उघडचा तळाच्या भट्ट्यांची व इतर धातुशास्त्रीय कामाच्या तत्सम बांधकामाची उभारणी करण्यासाठी वापरल्या जातात. या विटा केवळ उष्णता रोखणाऱ्याच नसून त्या तपमानाच्या सतत बदलत्या परिस्थितीस अजिबात दाद देत नाहीत.

रसायनक्षेत्रात क्रोमाइटचा वापर पोटॅशिअम बायक्रोमेट व सोडिअम बायक्रोमेट संयुगे तयार करण्यासाठी होतो. क्रोम ॲलम (क्रोमिअम पोटॅशिअम सल्फेट) हे संयुग कातडी कमाविण्याच्या कामी, कातडचास चकाकी देण्यासाठी व ते दीर्घकाल टिकाऊ बनविण्यासाठी वापरले जाते. या प्रकारच्या चमडचास "क्रोम लेदर" असे म्हणतात व त्यापासून तयार केलेल्या बुटांना "क्रोम बूट" म्हटले जाते.

आपले नाव सार्थ आहे हे जणू सिद्ध करण्यासाठीच क्रोमिअम रंगउद्योगात, काच व चिनीमातीच्या उद्योगात आणि कापड उद्योगात फार अत्यावश्यक ठरले आहे.

सायंकाळ झाली की क्रेमलिनच्या बुरुजावरील लाल तारा प्रकाशू लागतो. मौल्यवान रत्नांमध्ये हिऱ्यानंतर लाल माणकाचाच क्रमांक लागतो. एका प्राचीन भारतीय आख्यायिकेनुसार लाल माणके म्हणजे देवानी टाकलेले रक्तबिंदू आहेत. या संबंधीत आख्यायिका अशी आहे: "रक्ताचे मोठाले थेंब नदीच्या वक्षस्थलावर पडले आणि नारळाच्या झा-

डांची प्रतिबिंबे पडलेल्या खोल पाण्यात शिरले. मग त्या नदीस रावणगंगा असे नाव मिळाले. रक्ताच्या थेंबाचे लाल माणकात रूपांतर झाले व ते चमकू लागले. जसजशी रात्र पडू लागली तसतसा त्यांच्या अंतर्भागातून गूढ अग्निप्रकाश बाहेर पडू लागला आणि त्यांचे ऊष्ण किरण पाण्यात आरपार जाऊ लागले..."

आज या सौंदर्यपूर्ण खड्यांचे निर्मितीतंत्र फारच सोपे झाले असून त्यासाठी परमेश्वरास त्रास घेण्याची गरज राहिलेली नाही, त्याची जागा क्रोमिअम ऑक्साइड मिसळलेल्या ॲल्युमिनियम ऑक्साइडने घेतली आहे. क्रोमिअम ऑक्साइडमुळेच या स्फटिक-रूप माणकाना मोहक लाल रंग प्राप्त होतो. पण या कृत्रिम माणकांचे महत्त्व ते केवळ दिसण्यात मोहक आहेत एवढ्याचसाठी नाही, तर त्यांच्या साहाय्याने निर्मिता येणारे लेसर किरण, अगदी इंजिनियर गॅरिनच्या "आपास्तपृष्ठा"प्रमाणे आणि अलेक्सेय तोलस्तोयच्या संपन्न कल्पनाविलासाप्रमाणेच चमत्कारपूर्ण कामगिरी करून दाखवितात. कोणताही धातु, कात्रीने कागद कापावा तशा सहजतेने या लेसर किरणांच्या मदतीने कापता येतो, किंवा हिऱ्यास सूक्ष्मातिसूक्ष्म छिद्र पाडता येते.

ट्रॅक्टर-निर्मात्याना क्रोमिक ऑक्साइडची मोठीच मदत होते. नव्याने तयार झालेल्या इंजिनाचे विविध भाग सुरुवातीस एकमेकांशी घासले जाऊन मगच ते एकमेकांशी संपूर्ण "सहकार्याने" काम करू लागतात व इंजिन सुरळितपणे, खडखडाट न होता काम करू लागते. इंजिनाचे दैनंदिन काम सुरू होण्याआधी ते सुरू करण्यात हा जो प्राथमिक कालावधी खर्च होतो तो फार जिकिरीचा आणि कंटाळवाणा असतो. यातून मार्ग निघाला तो इंधनात मिसळण्याचे क्रोमिअम ऑक्साइडयुक्त नवे द्रव्य प्रचारात आले तेव्हा. त्याचा जादुमय परिणाम उघड आहे. इंधनाबरोबर जेव्हा क्रोमिक ऑक्साइडचेही ज्वलन होते तेव्हा त्याचे घर्षणरोधक सूक्ष्म कण तयार होऊन त्यांचा थर सिलिंडरच्या आतल्या बाजूवर तसेच घर्षण होणाऱ्या इतर भागांवर चढतो व सर्व खडबडित पृष्ठभाग पॉलिश केल्याप्रमाणे गुळगुळित बनतात आणि मग असे भाग एकमेकांसह चांगले जुळून इंजिनाचे काम विनातक्रार होऊ

लागते. हे मिश्रण मिसळलेल्या नव्या वंगणतेलामुळे इंजिनाचा हा प्राथमिक काल पूर्वीपेक्षा एक-तिसांशने कमी झाला.

क्रोमिअमकडे असेच आणखी एक काम दिले गेले. अमेरिकन तंत्रज्ञानी ध्वनिमुद्रणासाठी प्रायोगिक स्वरूपाची एक नवी चुंबकीय ध्वनिफीत तयार केली असून त्यावर नेहमीच्या फेरिक ऑक्साइडच्या थराऐवजी क्रोमिक ऑक्साइडचा ( कणांचा ) थर देण्यात आला. त्यामुळे ध्वनिमुद्रणाच्या क्रियेत विलक्षण सुधारणा झाली आणि अशा ध्वनिफितीचा वापर अधिक प्रभावी व कार्यक्षम ठरला.

अनेक क्षेत्रात महत्त्वाची कामे करण्यास क्रोमिअमला संधी मिळाली आहे व मिळत आहे. छायाचित्रणात वापरली जाणारी रसायने, औषधी द्रव्ये, रासायनिक उत्प्रेरक आणि विविध साहित्यावरील धातूंचा थर यासाठी ते वापरले जाते. यापैकी क्रोमिअमच्या थराबाबत विशेष विवरण करणे जरूरीचे आहे.

फार पूर्वीच ध्यानात आले होते की क्रोमिअम फक्त अत्यंत कठीण स्वरूपाचेच नाही ( या गुणापुरते बोलावयाचे झाल्यास धातुवर्गात तरी त्यास दुसरा प्रतिस्पर्धी नाही ) तर ते गंजकारकताही अत्यंत परिणामकारकरीत्या रोखून धरते आणि अम्लांबरोबर त्याची प्रक्रियाही होत नाही. इतर धातूंच्या वस्तूंवर विद्युत्‌मार्गे क्रोमिअमचा थर देऊन त्या गंजण्यापासून, ओरखडे निघण्यापासून आणि इतर "व्याधी"पासून सुरक्षित करण्याचे अनेक प्रयत्न झाले. पण असे निष्पन्न झाले की हे क्रोम-थर सच्छिद्र, सहजगत्या, सालीप्रमाणे निघून येणारे आणि ज्या अपेक्षा त्याबाबत बाळगल्या होत्या त्या पुऱ्या न करणारे आहेत. सुमारे ७५ वर्षे या क्रोम-थराच्या समस्येने शास्त्रज्ञाना घेरले होते आणि त्याचे उत्तर सापडण्यास अगदी १९२० साल उजाडावे लागले. क्रोम-थर निरूपयोगी असल्याचे कारण असे सापडले की विद्युत्‌विच्छेद्य द्रावात जे क्रोमिअम वापरले जाते ते त्रि-सायुज्येचे असते व त्यामुळेच जरूर त्या दर्जाचा थर मिळत नाही. पुढे असेही दिसून आले की या कामासाठी खरे तर षट्‌सायुज्या असणारे क्रोमिअम हवे. क्रोमिक अम्लातील क्रोमिअम या प्रकारचे असल्यामुळे विद्युत्‌विच्छेद्य द्रावात क्रोमिक अम्लाचा वापर सुरू झाला. मोटारी, मोटरसायकली आणि सायकली यांचे काही भाग क्रोम-थर देऊन टिकाऊ केलेले असतात व हा थर ०.१ मि. मी. जाडीपर्यंत असतो. हा थर जेव्हा सजावटीच्या हेतूने दिला जातो ( निरनिराळया भेटवस्तू, दारांच्या मुठी, इ. ) तेव्हा तो कमालीचा पातळ म्हणजे ०.०००२ ते ०.०००५ मि. मी. जाडीचाच काय तो असतो.

क्रोम-थर देण्याची आणखी एक पद्धत म्हणजे विकिरण पद्धत होय व असा थर भट्टीत चढविला जातो, विद्युत्‌विच्छेद्य द्रावात नव्हे. या पद्धतीच्या प्राथमिक अवस्थेत, ज्या पोलादी वस्तूंवर क्रोम-थर द्यावयाचा त्या क्रोमिअमच्या चूर्णात ठेवल्या जातात आणि त्या क्षपणकारक वातावरणात व उच्च तपमानास तापविण्यात येतात. त्यामुळे क्रोमिअमचा भरपूर जाडीचा थर वस्तूंवर चढतो. कठीणता आणि गंजरोधकता या बाबतीत हा थर मूळ पोलादापेक्षा अनेक पटीनी दर्जेदार असतो. तथापि, या पद्धतीतही काही त्रुटी आहेत असे दिसून आले. सुमारे १००० अंश से. तपमानास क्रोमिअम चूर्णाचे कण एकत्रित होण्याची प्रक्रिया सुरू होते व त्याना घनरूप प्राप्त होण्याची सिंटरीकरणाची क्रिया घडून येते. शिवाय, कार्बाईड संयुगे पोलादाच्या पृष्ठभागी जमा होऊन क्रोम-थर चढण्यास प्रतिबंध निर्माण होऊ लागतो. म्हणजेच क्रोमिअम-वाहक असा कोणतातरी दुसरा पदार्थ वापरणे जरूरी होते. बाष्पनशील क्लोराईड किंवा आयोडाइड संयुगे ( हॅलॉइड संयुगे ) या कामासाठी वापरली जाऊ लागली व त्यामुळे प्रक्रियेचे तपमानही कमी झाले.

क्रोम-थर देण्याच्या भट्टीतच असे क्रोमिक क्लोराईड ( आयोडाइड ) निर्माण केले जाते. त्यासाठी क्रोमिअम किंवा फेरोक्रोमिअमच्या चूर्णामधून संबंधित हॅलोजन अम्लाची वाफ नेली जाते. त्यामधून तयार होणाऱ्या वायुरूप क्लोराईडचे, थर द्यावया-

च्या वस्तूभोवती आवरण जमते आणि तीवर क्रोमिअमचा दाट थर जमा होतो. तो वस्तूच्या पृष्ठभागाशी निबद्ध होतो व विद्युतलेपनमार्गे चढणाऱ्या थरापेक्षाही हा थर अधिक पक्केपणे बसतो.

लिथुआनियातील रसायनशास्त्रज्ञानी क्रोम-थर देण्याची अनेक पदरी पद्धत (जणू पोस्टाच्या पाकिटातील पत्रच) शोधली असून खास महत्त्वाच्या भागांवर थर देण्यासाठी ती वापरली जाते. त्यातील अगदी बाहेरचा व आत्यंतिक पातळ असा क्रोम-थर आतील थरांचे रक्षण करतो. त्यावर प्रथम ऑक्सिजनचा दुष्परिणाम होईल. पण त्यासाठी कित्येक वर्षे जावी लागतील आणि या काळात, ज्या अंतर्गत थराचे तो रक्षण करीत असतो तो आपली महत्त्वपूर्ण कामगिरी बजावित असतो.

आजपर्यंत केवळ धातूंवरच क्रोम-थर दिला जात असे. पण आता सोविएत शास्त्रज्ञानी प्लॅस्टिक-साहित्यावरही क्रोम-थर देण्याचे तंत्र प्रचारात आणले आहे. उदाहरणार्थ, पॉलिस्टायरीन नामक प्लॅस्टिकवर जेव्हा क्रोमिअमचा थर दिला जातो तेव्हा हे प्लॅस्टिक चांगले ताकदवान तर बनतेच शिवाय, झीज, ग्लानिदोष आणि आघात यांचे परिणामही उत्तम प्रकारे रोखणारे ठरते. अशा थरयुक्त प्लॅस्टिकपासून तयार करण्यात आलेले विविध भाग अधिक काळ टिकतात हे ओघानेच आले.

क्रोम-थराचे हे "चिलखत", हिऱ्यासारख्या कठीणतेचा आदर्श ठरणाऱ्या साहित्यासाठीही उपयुक्त ठरले आहे. असे दिसते की खाणीतील सारेच हिरे काही यंत्रसामग्रीसाठी उपयुक्त नसतात. खरे तर अशा नैसर्गिक हिऱ्यांवर सूक्ष्म भेगांचा थरच पसरलेला असतो आणि त्यामुळे कापण्या-तोडण्याच्या यंत्रसामग्रीत ते उपयोगी पडत नाहीत. छिद्र पाडण्यासाठी अथवा कापण्याच्या कामी असे भेगायुक्त हिरे जेव्हा खडकाच्या सान्निध्यात येतात तेव्हा त्यांचे लहान लहान तुकडे उडतात आणि पकडीच्या बाहेर निघतात. हे टाळण्यासाठी, हिऱ्यांवर क्रोमिअमचा पातळ थर चढवून त्यांचा टिकाऊपणा वाढवावा असा उपाय शास्त्रज्ञानी सुचविला.

असे थरयुक्त हिरे जेव्हा तपासले गेले, चाचण्या घेतल्या गेल्या तेव्हा दिसून आले की ते खोबणींमध्ये पक्केपणे तर बसतातच शिवाय, त्यांची उपयुक्तता अनेक पटीनी वाढविली जाते. सूक्ष्मदर्शकातून तपासणी करता एक प्रकार असा आढळला की एके ठिकाणी खोलवर गेलेली भेग क्रोमिअमच्या थरामुळे भरली जाऊन चांगली सांधली गेली होती. क्रोमिअम व हिऱ्याचे ऊर्फ कार्बनचे अणु यांपासून जी कार्बाईड संयुगे तयार झाली तीमुळे या भेगेचे तोंड बुजले गेले व खुद्द भेगेत क्रोमिअम शिरून भेगेच्या भिंती कार्बाईड संयुगाने आच्छादिल्या गेल्या. या वेळी ज्या तांब्याच्या खोबणीत हिरे बसविले होते तीच्याशी क्रोमिअमचा संयोग होऊन त्यामध्ये हिरे पक्केपणे रूतण्यास मदतच झाली. म्हणजेच क्रोमिअमच्या वापरामुळे "एका दगडात दोन पक्षी मारले गेले." हत्यार अधिक टिकाऊ बनले आणि हिरा हा... हिऱ्यापेक्षा कठीण बनला.

क्रोमिअमची ही नवलकथा संपविण्यापूर्वी परत एकदा व्ही. एस. येमेल्यानोव यांचे शब्द उद्धृत करावेसे वाटतात. १९६७ मध्ये ते लिहितात: "दोनएक वर्षांपूर्वी मी एक वृत्त वाचले, पण दुर्दैवाने त्याकडे आपल्या कुणाचेच लक्ष वेधले नाही. ज्या देशाकडे आपण पूर्वी तांत्रिक प्रगतीचे प्रतीक म्हणून पाहत होतो त्या ब्रिटनकडे आपल्या देशाने फेरोक्रोमिअम रवाना केले. आता ब्रिटन आपल्याकडून फेरोक्रोमिअम विकत घेत आहे! आपण काय करीत आहोत याची त्याना पूर्ण जाणीव आहेच आहे."

# ८. लोखंडाचा जुना सहकारी

जमिनीखालच्या राजवाड्यातील स्तंभ – जादूचे कृष्णवर्णी चूर्ण – काचेसाठी असलेला साबण – गाह्न की केम ? – शीलने तपास चालू ठेवला – प्राणघातक अग्नी आपले काम करतो – हॅडफिल्डला स्वमित्त्व-हक्क मिळतात – तिजोरी फोडता येते का पहा – घंटानाद निघणार नाही – प्लॅटिनम व पॅलॅडिअमची जागा घेतली – बालपणापासून माहीत असलेले – मध्यम अंदाजानुसार – "वित्याझ" समुद्रात खेपा करू लागले – सूक्ष्म जंतूनी आपले काम केले – पाण्याखालच्या केबलमध्ये अडकलेले – जहाजावरून पाण्यात फेकले – गहन खोलीपाशी काम करण्यासाठी – अंतराळातून आलेले "पुडके" – रशियाला त्याची गरज होती का ? – खुल्या तळाच्या भट्टीकडे जाणारा मार्ग.

मॉस्कोतील भुयारी रेल्वेस ज्यानी भेट दिली आहे त्यांच्या भेटीत मायाकोव्स्काया स्थानक चुकणेच शक्य नाही. हे स्थानक म्हणजे भुयारी रेल्वेमार्गावरील एक भव्य राजवाडाच म्हटला पाहिजे. त्यातील आधारभूत स्तंभ मोहक गुलाबी रंगाच्या दगडी फरशानी सुशोभित केलेले असून तो ऱ्होडोनाइट नामक मँगॅनीजयुक्त खनिजप्रकार आहे. त्याचा नाजुक गुलाबी रंग (ग्रीक भाषेत "ऱ्होडॉन" शब्दाचा अर्थ "गुलाबी" असा आहे) आणि त्यावर काम करण्यातील सुलभता यामुळे बांधकामाचे बाह्यांग सुशोभित करण्यासाठी आणि विविध वस्तू कोरून तयार करण्यासाठी त्याचा खूप वापर होतो. ऱ्होडोनाइटपासून तयार करण्यात आलेल्या वस्तू हर्मिटेज व पीटर अँण्ड पॉल ख्रिस्तमंदिरात तसेच इतर वस्तुसंग्रहालयात ठेवलेल्या आढळतील. उराल पर्वतराजीत ऱ्होडोनाइटचे मोठमोठाले साठे उपलब्ध असून एकदा तर ४७ टन वजनाचा खनिजपाषाण सापडला होता. या खनिजाचा एवढा व्यापक साठा जगात इतरत्र कुठेच आढळत नाही आणि तो एवढ्या मोहक सौंदर्याचाही नाही.

तथापि औद्योगिकदृष्ट्या महत्त्वाचे असे मँगॅनीजयुक्त खनिज म्हणजे पायरोल्युसाइट ऊर्फ मँगॅनीज डायॉक्साइड हे कृष्णवर्णी खनिज. फार प्राचीन कालापासून मानवाच्या ते परिचयाचे आहे. प्राचीन रोममधील महान निसर्गवेत्ता आणि व्हेसुव्हिअस ज्वालामुखीच्या उद्रेकात मृत्युमुखी पडलेल्या थोरल्या प्लिनीने या कृष्णवर्णी चूर्णाच्या अंगी असणाऱ्या काच चमकदार करण्याच्या अप्रतीम गुणधर्माचे वर्णन केलेले आहे.

पुढे १५४० मध्ये इटालिअन शास्त्रज्ञ आणि इंजिनिअर व्हेनोशिओ बिरिंगुशिओ याने खनिकर्म व धातुशास्त्रावर "पायरोटेक्निया" नावाचा जो बृहद्कोश लिहिला त्यात उल्लेख आहे: "...पायरोल्युसाइट काळ्या तपकिरी रंगाचे असू शकते... जर त्यात सांद्रसयुक्त पदार्थ मिसळला तर त्यास सुंदर जांभळा रंग प्राप्त होतो. काच तयार करणारे तज्ज्ञ कारागीर काच रंगविण्यासाठी त्याचा वापर करतात तर मृत्तिकापात्रे तयार करणारे कारागीर त्यावर जांभळ्या रंगाने नक्षी काढतात. आणखी एक सांगण्यासारखे पायरोल्युसाइटचे वैशिष्ट्य म्हणजे काचरसात मिसळले असता हिरवी किंवा पिवळी छटा देण्याऐवजी ते काच शुद्ध करून ती स्वच्छ बनविते."

या खनिजास "पायरोल्युसाइट" हे नाव पुष्कळ उशिरा मिळाले असून तत्पूर्वी मध्ययुगात त्यास, "काचेचा साबण" किंवा "मँगेनीज" (ग्रीक भाषेत "मँगेनीज" म्हणजे "शुद्धकारक" असा अर्थ होतो) असे म्हणत, कारण काच रंगरहित करण्याचा त्याचा गुणधर्मच लोकाना अधिक माहीत होता. त्यास आणखीही एक नाव होते, ते म्हणजे "काळे मॅग्नेशिअम". आशिया मायनरमध्ये असलेल्या मॅग्नेशिया या गावानजिक त्याचे प्राचीन काळी खाणकाम होत असे म्हणून तसे त्याला नाव पडले. तेथेच "शुभ्र मॅग्नेशिअम" चेही ("मॅग्नेशिया अल्बा" ऊर्फ मॅग्नेशिअम ऑक्साइड) खनिकर्म चालत असे.

रसायनशास्त्राच्या इतिहासानुसार स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ जे. गाह्न (१७७४) याने धातुरूप मँगेनीजचा शोध लावल्याचे दिसते. पण धातुरूप मँगेनीजचे कण प्रथम इग्नॅशिअस गॉट्फ्रेड केम याने मिळविले असे समजण्यास बरीच जागा आहे.

१७७० मध्ये व्हिएन्नात प्रसिद्ध झालेल्या आपल्या प्रबंधात त्याने या धातूचे विवरण केलेले आढळते. केमने आपले संशोधन पूर्ण केले नसल्यामुळे त्यावेळच्या अनेक रसायनशास्त्रज्ञाना या धातूची माहितीच झाली नाही. पण एका रासायनिक ग्रंथात केमच्या शोधाचा अवश्य उल्लेख सापडतो: "एक भाग पायरोल्युसाइटचे चूर्ण दोन भाग विशोधकात (गालकात) मिसळून व हे मिश्रण तापवून केमने निळ्यापांढऱ्या रंगाचा ठिसूळ धातू मिळविला. तो स्फटिकरूपात, पैलूदार असून हे पैलू विविधरंगी होते व भंग पावणारा भाग निळ्या ते पिवळ्या रंगच्छटानी युक्त वर्णदीप्तीचा होता."

मँगेनीजबाबत अधिक ज्ञान मिळविण्याचा या पुढचा प्रयत्न टॉर्नबर्ग बर्गमन या स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञाने केला. "काळे मॅग्नेशियम" म्हणून जे खनिज लोक ओळखतात तो एक नवीन प्रकार असून त्याची भंजित चुनखडीशी अथवा "मॅग्नेशियम अल्बा"शी गफलत करून चालणार नाही. तरीसुद्धा, पायरोल्युसाइटपासून मँगेनीज धातु मिळविणे बर्गमनला काही जमले नाही.

बर्गमनचे संशोधन, त्याचा मित्र व सुप्रसिद्ध स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ कार्ल शील याने पुढे चालू ठेवले. १७७४ मध्ये त्याने स्टॉकहोम शास्त्र आकादमीस "मँगेनीज (खरे पाहता, पायरोल्युसाईट) व त्याच्या गुणधर्मांचे विवरण" हा निबंध सादर केला. त्यामध्ये त्याने वायुरूप क्लोरीनच्या नव्या मूलद्रव्याचा शोध लावल्याची माहिती दिली होती. याच निबंधात त्याने असेही ठामपणे मांडले होते की पायरोल्युसाइटमध्ये, त्यावेळी माहीत असणाऱ्या धातूंपेक्षा सर्वस्वी वेगळा असा धातु आहे. मात्र तो वेगळा करण्याच्या कामी शीललाही यश मिळाले नाही.

पण बर्गमन आणि शीलला जे शक्य झाले नाही ते त्याच वर्षी म्हणजे १७७४ मध्ये गाहन यास शक्य झाले. त्याने चूर्णरूप पायरोल्युसाइट व तेल एका मुशीत घातले. मुशीच्या आतल्या बाजूवर कोळशाचा ओला थर चढविलेला होता व वरही कोळशाची भुकटी पसरली होती. हे मिश्रण सुमारे तासभर चांगल्या तीव्र उष्णतेत तापविल्यानंतर मुशीमध्ये तयार झालेले धातुरूप मँगेनीज सापडले. या शोधामुळे गाहनला जागतिक प्रसिद्धी मिळाली आणि धातुगटात पंधरावा सभासद नोंदला गेला.

१६ मे १७७४ रोजी शीलने गाहनला पायरोल्युसाइटचा शुद्ध नमुना पाठविला आणि त्यासोबतच्या पत्रात लिहिले: "या शुद्ध प्रतीशी तुमच्या त्या "प्राणघातक अग्नीचा" जेव्हा संबंध येईल तेव्हा काय निष्पन्न होईल त्याचा वृत्तांत ऐकण्याची मला फारच उत्सुकता लागलेली आहे. मला वाटते की शक्य तितक्या लवकर तयार झालेल्या धातूचा नमुना मला पाठवून द्याल."

त्या "प्राणघातक अग्नीने" आपले काम तत्परतेने केले आणि एक महिन्याने म्हणजे २७ जुलै रोजी आपल्या आभारप्रदर्शक पत्रात शील गाहनला लिहितो: "...माझ्या मते, पायरोल्युसाइटपासून मिळविलेला मँगेनीजचा नमुना म्हणजे अर्धधातुकाचा प्रकार असावा व तो इतर सर्व अर्धधातुकांपासून अगदी वेगळा वाटतो. तसेच त्याचे लोह धातूशी फार नजिकचे नाते असले पाहिजे."

१९ व्या शतकाच्या पहिल्या पाव शतकात रशियामध्ये फेरोमँगेनीज या लोहाच्या मिश्रधातूच्या रूपात मँगेनीजचे उत्पादन सुरू झाले. "दि मायनिंग जर्नल" या मासिकात, मँगेनीजयुक्त पोलादाच्या १८२५ मध्ये होणाऱ्या उत्पादनाचा उल्लेख सापडतो. तेव्हापासूनच या मूलद्रव्याचे आणि धातुविज्ञानाचे अतूट नाते कायमचे जुळले. आजही याच क्षेत्रात मँगेनीज खनिजाचा अत्यधिक खप (९५ टक्के) होतो.

१८४१ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या व आज अभिजात स्वरूपाचा ठरलेल्या "दमास्क पोलाद" या आपल्या ग्रंथात, अत्यंत नामवंत ठरलेले रशियन धातुशास्त्रज्ञ पी. पी. अनासोव यानी मँगेनीजचे वेगवेगळे प्रमाण असणारे पोलाद अभ्यासिले आहेत. पोलादात मिसळण्यासाठी अनासोव यानी मुशींमध्ये तयार करण्यात आलेले फेरोमँगेनीज वापरले. १८७६ पासून नि-

ज्नी टागील कारखान्यात फेरोमँगेनीजचे औद्योगिक प्रमाणात उत्पादन होऊ लागले.

मँगेनीजच्या इतिहासात १८८२ हे वर्ष विशेष महत्त्वाचे ठरले – रॉबर्ट हॅडफिल्ड या ब्रिटिश धातुशास्त्रज्ञाने २३ टक्के मँगेनीज असणारे मिश्रपोलाद तयार केले. १८७८ पासूनच या १९ वर्षाच्या शेफील्डनिवासी तरुण धातुशास्त्रज्ञाने निरनिराळी मूलद्रव्ये घटक असणाऱ्या व विशेषतः मँगेनीज युक्त पोलादप्रकारांचा अभ्यास करण्यास सुरुवात केली होतीच. चार वर्षांनी हॅडफील्डच्या रोजनिशीत पुढील नोंद झाल्याचे दिसते: "पोलाद कठीणही असावे व ते प्रसरणशीलही असावे या हेतूने मी हे प्रयोग सुरू केले. त्यातून मला काही वैचित्र्यपूर्ण निष्कर्ष मिळाले असून लोह-मिश्रधातूंबाबत धातुशास्त्रज्ञांचा आजचा जो दृष्टिकोन आहे तो बदलण्याएवढे ते महत्त्वाचे आहेत."

१८८३ मध्ये हॅडफील्डला मँगेनीजयुक्त मिश्रपोलादाबद्दल ब्रिटनचे स्वामित्त्व-हक्क ऊर्फ पेटंट-हक्क मिळाले. लोहात भरपूर प्रमाणात मँगेनीजचा अंश असलेले फेरोमँगेनीज मिसळून हा प्रकार त्याने तयार केला होता. त्याने आपला अभ्यास पुढे चालूच ठेवला आणि मँगेनीजचे धातुशास्त्रातील उपयोग, लोखंड आणि मँगेनीजचे काही नवे गुणधर्म तसेच मँगेनस पोलादाचेही गुणधर्म याबाबतचे आपले निष्कर्ष अनेक पुस्तकांद्वारे मांडले. त्याने असेही सिद्ध केले की पाण्याच्या साहाय्याने द्रुशीतन केल्यास पोलादास काही आश्चर्यकारक गुणधर्म प्राप्त होतात. मँगेनस पोलादावरील उष्णतोपचार पद्धतींचे अनेक स्वामित्व-हक्क त्याने मिळविले आणि १९०१ मध्ये पोलादास कठीणता प्राप्त करून देण्याआधी ते तापविण्यासाठी उपयुक्त अशा भट्टीच्या संरचनेचेही स्वामित्त्व-हक्क त्याने प्राप्त केले.

धातुशास्त्रज्ञ व इंजिनियरमंडळीत हॅडफील्डच्या पोलादास अल्पावधीतच मान्यता मिळाली. या पोलादाचा उत्कृष्ठ दर्जाचा झीजरोधक गुणधर्म अनेक क्षेत्रात फारच फायदेशीर ठरला व रेल्वेतील साहित्य, दगडफोडीच्या यंत्राचे "दात", चूर्ण करण्यासाठी वापरले जाणारे गोळे, कॅटरपिलरचे पट्टे इत्यादी वस्तू पोलादात तयार होऊ लागल्या. पण सर्वांत स्तिमित करणारा प्रकार हा की ज्या पोलादापासून हे साहित्य बनविलेले असते त्यावर वजनाचा जो जो परिणाम होऊ लागतो तो तो त्यांची कठीणता

वाढतच जाते. याचे स्पष्टिकरण पुढीलप्रमाणे दिले जाते. ओतकामानंतर, जादा प्रमाणातील कार्बाईडे पोलादकणांच्या बाह्यसीमेवर जमतात व पोलादाची ताकद घटते. दृढीकरणाच्या अथवा कठीणीकरणाच्या क्रियेमुळे ही कार्बाईडे धातूमध्ये विरघळतात. असे पोलाद वापरण्यास सुरुवात झाली असता वजनाच्या परिणामाखाली (कार्यकारी दृढीकरणाच्या परिणामामुळे पृष्ठभागीय थरातील कार्बन मोकळा होतो आणि पोलाद अधिक ताकदवान बनते.

तिजोऱ्या व कुलुपे तयार करणाऱ्या कारखानदारांचे हॅडफील्ड या पोलादाने अत्याधिक लक्ष वेधून घेतले असल्यास त्यात नवल वाटू नये.

मँगेनीजयुक्त मिश्रलोहातही वरीलप्रमाणे स्वदृढिकरणाचा गुणधर्म आलेला असतो. माती खोदणाऱ्या यांत्रिक वाहनातील धारवे (बियरिंग) अशा मिश्रलोहापासून बनविलेले असतात व ते त्यांच्या ब्रॉंझच्या (काशाच्या) सहकारी धारव्यांपेक्षा देखभाल न लागताही दुप्पट काल टिकतात.

धातुविज्ञानात पोलादातील ऑक्सिजनचे व सल्फर ऊर्फ गधकाचे प्रमाण कमी करण्यासाठी मँगेनीजचा फारच मोठ्या प्रमाणात उपयोग होतो. स्प्रिंगांचे पोलाद, तेल व वायुवाहक नळाचे पोलाद आणि चुंबकीय गुणधर्मविरहित पोलाद यासाठी अशा मिश्रपोलादाचा घटक म्हणून मँगेनीज वापरले जाते.

खरे पाहता, मँगेनीजयुक्त मिश्रपोलादांचे प्रकार सांगण्याची जरूरीच नाही. गाहृनने शोधलेले हे मूलद्रव्य सर्व प्रकारच्या पोलादांमध्ये व लोहांमध्ये काही ना काही प्रमाणात हजर असतेच असते. लोखंडाचा जुना व अनंत काळचा मित्र असे जे त्याबाबत म्हटले जाते ते अगदी यथार्थच ठरते. आवर्ती सारणीत हे दोन्ही मित्र एकमेकांच्या शेजारीच असणाऱ्या "खोल्यामध्ये (क्र. २५ व २६) राहतात. (लोहसन्निध असल्यामुळे देवमाशांच्या दातातही त्यास प्रवेश मिळतो, पण त्याबाबत पुढे पाहू).

पुढे १९१७ मध्ये रशियन शास्त्रज्ञ एस. एफ. झेमचुझनी व व्ही.के. पेत्राशेविच यानी असा

शोध लावला की मँगेनीजमध्ये थोडेसे (सुमारे ३.५ टक्के) तांबे मिसळल्यास ते अधिक तंतुक्षम बनते. हे ध्यानी आल्यावर धातुशास्त्रज्ञाना मँगेनीजच्या मिश्रधातूंबाबतही चांगलेच स्वारस्य वाटू लागले.

आधुनिक तंत्रविज्ञानात मँगेनीनचे, म्हणजे मँगेनीज, तांबे व निकेल हे घटक असणारे अनेक मिश्रधातु वापरले जातात. त्यांचे वैशिष्ट्य हे की ते उच्च दर्जाचे विद्युत्‌रोधक तर आहेतच शिवाय ही रोधकता जवळजवळ तपमाननिरपेक्ष असते. दाबाखाली विद्युत्‌रोध बदलण्याचा जो गुणधर्म मँगेनीनमध्ये आहे त्यावरच विद्युत्‌दाबमापकाचे (वायुदाबमापकाचे) कार्य अवलंबून असते. जेव्हा कित्येक हजार वातावरणीय दाब मोजण्याची गरज भासते तेव्हा सर्वसाधारण दाबमापक वापरता येत नाही; अशा ८ दाबमापकातील द्रवपदार्थ किंवा वायु त्याच्या भिंतींमधून बाहेर पडतो, मग त्या कितीही ताकदवान साहित्यातील असोत. पण हेच काम विद्युत्‌दाबमापकामार्फत यशस्वीपणे करता येते. निश्चित स्वरूपाच्या दाबाखाली मँगेनीनची विद्युत्‌रोधकता मोजता एका विशिष्ट सूत्राच्या साहाय्याने दाब अगदी अचूकरीत्या ठरविता येतो.

मँगेनीनच्या अंगी आणखी एक मोठा वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म आढळतो व तो म्हणजे दमनक्रियेचा

ऊर्फ आंदोलनात्मक ऊर्जा शोषून घेण्याचा. मँगेनीनची घंटा करावी असे जर कुणी ठरविले तर तशी घंटा वापरणे अशक्य होईल. तीमधून घंटानाद ऐकू येणार नाही तर धपाटे मारल्यासारखा आवाज ऐकू येईल.

पण घंटेबाबत नादहीनता हे जरी मँगेनीनचे वैगुण्य ठरत असले तरी इतर ठिकाणी ते फारच उपयुक्त ठरते. ट्रामची चाके, रूळांचे जोड आणि इतर अनेक ठिकाणी असे साहित्य निष्कारण खड-खडाटी आवाज निर्माण करतात, तेथे मँगेनीन उपकारकच ठरते. असे "मुके" मिश्रधातु, ठाकून-ठोकून आकार देणाऱ्या कारखान्यातील व दाबकर्तन कारखान्यातील त्रासदायक आवाज कमी करतात. अगदी "शांत राहण्याची" प्रवृत्ती, ७० टक्के मँगेनीज व ३० टक्के तांबे असणाऱ्या मिश्रधातूंमध्ये अत्यधिक प्रमाणात आढळते. त्यांचे काही प्रकार तर ताकदीच्या बाबतीत पोलादापेक्षा मुळीच कमी पडत नाहीत.

अगदी मजेदार वाटणारी वस्तुस्थिती अशी की मँगेनीज ब्रॉंझचे (काशाचे) मँगेनीज व तांबे हे घटक वैयक्तिकरीत्या चुंबकीय गुणधर्म नसणारे असूनही त्यांच्यावरील मिश्रधातूचे मात्र चुंबकीकरण करता येते.

"स्मृती जतन करणारे" मिश्रधातु गेल्या काही वर्षात चांगले परिचयाचे झाले आहेत. (त्यापैकी निटोनॉल हा जो सर्वश्रुत मिश्रधातु आहे त्याची अधिक माहिती पुढे येणाऱ्या "तांब्याच्या रूपात सैतान" या प्रकरणात मिळेल.) अशा मिश्रधातूंची संख्या दिवसेंदिवस वाढतच आहे. अलिकडेच, संशो-धकांच्या एका गटाने ये. एम. सवित्स्की यांच्या नेतृत्वाखाली, ए. ए. बिकोव धातुशास्त्रीय संस्थे-मध्ये मँगेनीजवर आधारलेला (तांबे मिसळलेला) एक मिश्रधातु विकसित केला असून सुप्रसिद्ध अशा निटिनॉलपेक्षाही त्याची "स्मृती ठेवण्याची" (पूर्वी दिला गेलेला आकार आठवणीत ठेवण्याची) क्षमता अधिक उच्च दर्जाची ठरली आहे. तो सुलभपणे तयार करता येतो आणि त्यावर यांत्रिक कामे करणे सोपे जाते. अनेक कल्पक उपयोगांसाठी तो बहुविध क्षेत्रात वापरला जाईल यात शंका नाही.

आत्यंतिक शुद्धतेचा नायट्रोजन तयार करण्या-च्या क्रियेत प्लॅटिनम व पॅलॅडिअम या खर्चिक, महागड्या धातूंचा उत्प्रेरक म्हणून दीर्घकालीन वापर होत होता. जॉर्जियन शास्त्र आकादमीच्या "अका-र्बनी रसायनशास्त्रीय व विद्युत्‌रसायनशास्त्रीय संस्थेने" एक नवी पद्धत शोधली असून तीमध्ये उत्प्रेरक म्हणून मँगेनीजचा उपयोग केला आहे. कॅप्रॉनच्या निर्मितीमध्ये नायट्रोजनची फार गरज असते. रुस्तावी येथे कृत्रिम धाग्यांचा जो कारखाना आहे तेथेच दर्जेदार नायट्रोजन उत्पादन करण्याचा पहिला कारखाना उभारला गेला.

पोटॅशिअम परमँगनेट या मँगेनीजच्या एका संयु-गाशी आपण चांगलेच परिचित आहोत. जखमा धुऊन निर्जंतुक करण्यासाठी, गुळण्या करण्यासाठी तसेच भाजलेल्या त्वचेवरच्या उपचारार्थ या संयुगाचा मोठा वापर होतो. प्रयोगशाळांमध्ये मँगॅनोमेट्री ऊर्फ राश्यात्मक पृथक्करणार्थ मँगेनीजचा व्यापक प्रमाणात वापर केला जातो.

प्राण्यांच्या व वनस्पतींच्या योग्य वाढीसाठी इतर मूलद्रव्यांप्रमाणेच मँगेनीजचीही नितांत आवश्यकता असतेच असते.

सजीवांमध्ये या मूलद्रव्याचे प्रमाण सामान्यतः एक टक्क्याच्या काही हजारांशाव्या भागापेक्षा अधिक नसते. पण काही प्राण्यांमध्ये व वनस्पतींमध्ये या मूलद्रव्याबाबत भारीच प्रेम असावे. उदाहरणार्थ, तांबड्या मुंग्यांमध्ये ०.०५ टक्का तर गंजकारक बुरशी-प्रकारात १ टक्क्यापर्यंत मँगेनीज असते. मानवी शरिरास रोज ३ ते ५ मि. ग्रॅ. मँगेनीजची जरूरी असून रक्तात त्याचे प्रमाण ०.००२ ते ०.००३ टक्के आढळते. ...

प्राणी व वनस्पतींबद्दलच आपण चर्चा करीत असल्यामुळे अगोदर उल्लेख केलेल्या देवमाशाकडे वळू या. या मांसाहारी सागरी प्राण्याचा एक दात समुद्राच्या तळी हजारो वर्षांपासून पडला होता व

त्याचा अभ्यास करणाऱ्या शास्त्रज्ञाना असे दिसले की तो एकंदरीत सुस्थितीत आहे पण त्याच्या पृष्ठभागी मात्र लोह व मँगेनीजचे पूट चढले आहे. ही मूलद्रव्ये त्या दातापर्यंत कशी काय पोहोचली असावीत ?

सुमारे शंभर वर्षांपूर्वी अथवा निश्चित सांगावयाचे म्हणजे १८७६ साली इंग्लंडचे चॅलेंजर नामक तीन शिडांचे जहाज शास्त्रीय मोहिमेवर गेले असता सतत तीन वर्षांपर्यंत ते समुद्रात फेऱ्या मारीत होते. या जहाजाने इंग्लंडला परतताना सागरतळचे अनेक नमुने बरोबर आणले. त्यात वेगवेगळ्या भागात वेचलेले असे शंक्वाकृती व काळया रंगाचे पाषणखंडही होते. या खंडांचा मँगेनीज हा प्रमुख घटक असल्या-मुळे त्याना "मँगेनीजचे गोटे" अथवा शास्त्रशुद्ध भाषेत "लोह-मँगेनीजचे संघित खंड" असे म्हटले जाऊ लागले. त्यानंतर झालेल्या मोहिमांमधून असे निष्पन्न झाले की सागरतळी या मँगेनीज गोटयांचे प्रमाण फारच मोठे असून त्यांचे साठे ठिकठिकाणी साचलेले आहेत. पण या शतकाच्या मध्यापर्यंत तिकडे कुणीच विशेष लक्ष दिले नाही. मात्र गेल्या काही वर्षातच जेव्हा मँगेनीज-खनिजांचे साठे अपुरे पडण्याची शक्यता निर्माण झाली तेव्हा सागरतळच्या मँगेनीजकडे लक्ष वळले.

सागरतळच्या अशा जागांचे काळजीपूर्वक सर्वेक्षण केले असता मोठे चकित करणारे निष्कर्ष मिळाले. अगदी प्राथमिक स्वरूपाच्या अंदाजानुसार (व तो सुद्धा फार मर्यादित म्हणावा लागेल) सुमारे एक हजार कोटी (!) टन लोह-मँगेनीज खनिज एकटया प्रशांत (पॅसिफिक) महासागरातच साचलेले आहे. "खनिज" हा शब्द काही अनवधानाने वापरलेला नाही. त्यामध्ये मँगेनीजचे प्रमाण ५० टक्के व लोहाचे ३० टक्के आढळते (काही खनिजात तर ९८ टक्के मँगेनीज डायॉक्साइड असून विद्युत्-घटांसाठी तर ते जसेच्या तसे वापरता येईल).

अटलांटिक महासागरही तेवढाच संपन्न असून त्याच्या तळाशीही असेच साठे असल्याचे "वि-त्याझ" या सोविएत जहाजाने केलेल्या पाहणीत निष्पन्न झाले आहे. एकंदर पाहणीत असे दिसते की इतर महासागरांएवढाच मँगेनीजचा साठा हिंदी महासागरातही असावा.

सागरवैज्ञानिकांचे असे मत आहे की पाण्यात जी खनिजे विरघळलेल्या अवस्थेत असतात ती खनिजांच्या लहान लहान तुकडयांवर साचून हे गोटे तयार झाले असावेत. काही शास्त्रज्ञ असेही समजतात की या प्रक्रियेचा काही भाग सागरी जीवजंतूमार्फत पार पडत असावा. ते जणू समुद्रातील खनिज-

संस्करकच ठरतात. लेनिनग्रादच्या जीवशास्त्रज्ञाना जीवजंतूच्या आजपावेतो ज्ञात नसलेल्या व ज्याना "धातुजैविक" जीवजंतू म्हणता येईल अशा जाती सापडल्या असून त्यांच्यामार्फत पाण्यात विरघळलेले मँगेनीज वेगळे केले जात असावे व एकत्रित होत असावे असा अंदाज आहे. याबाबत प्रयोगशाळेत केलेले प्रयोग असे सांगतात की हे "पाण्याखालचे धातुशास्त्रज्ञ" फारच कार्यक्षम असावेत. कारण, दोन-तीन आठवड्यांच्या काळात त्यांच्यामार्फत आगकाडीच्या डोक्याएवढे मँगेनीज साचविले गेले. हे कष्टकरी जीव सूक्ष्मदर्शकातूनच दिसणे शक्य असते हे लक्षात घेता त्यांची उत्पादनक्षमता विस्मयकारकच म्हटले पाहिजे.

बटाट्यांच्या कंदांप्रमाणेच हे खनिजकंद सागरामध्ये वाढत जातात व त्यातील लोहाच्या किंवा मँगेनीजच्या कमीअधिक प्रमाणानुसार तपकिरी ते काळ्या रंगांच्या छटात आढळतात. जर मँगेनीजचा अंश अधिक असेल तर ते अगदी काळेकुळकुळीत दिसतात.

साधारणतः मिलिमीटरच्या काही भागापासून ते १५ सें. मी. पर्यंतच्या आकारात हे कंद आढळतात. काही वेळा, त्यापेक्षा कितीतरी मोठ्या आकारातही सापडतात. स्क्रिप सागरवैज्ञानिक संस्थेच्या संग्रहात ५७ कि. ग्रॅ. वजनाचा एक नमुना असून तो हवाई बेटांजवळ सापडलेला आहे. याहीपेक्षा अधिक वजनदार म्हणजे १३६ कि. ग्रॅ. वजनाचा कंद तारायंत्राचा समुद्रांतर्गत तारखंड दुरुस्तीसाठी वर खेचला गेला तेव्हा त्याच्या गुंत्यात अडकून वर आला. पण एखाद्या वस्तुसंग्रहालयात मानाने राहण्याचे भाग्य त्याच्या नशिबी नव्हते. तो वर काढल्यानंतर, त्याचा अभ्यास व चित्रण केले गेले खरे पण एका खलाशाने गैरसमजुतीने ही "अडगळ" समुद्रात फेकून दिली! पण हा उच्चांकसुद्धा पुढे मोडला गेला. प्रशांत महासागरात "वित्याझ" जहाजाची मोहीम चालू असता तिच्या गळास जो पाषाणखंड लागला तो तर दीड मीटर लांबीचा आणि अगदी टनभर वजनाचा होता.

समुद्राखालच्या खनिजसंपत्तीबाबत अनेक देश गंभीरपणे विचार करू लागले आहेत. पण समुद्राखालच्या खनिकर्माबाबत फार गुंतागुंतीच्या समस्या वैज्ञानिकाना व इंजिनियरमंडळींना सोडवावयाच्या आहेत. या दृष्टीने खास रचनेच्या पाणबुड्या, जलस्थलवासी ट्रॅक्टर, नावांवर बसविलेली खोदकामाची यंत्रे अशी साहित्यसामग्री बांधली जात आहे व त्यामुळे समुद्रतळी खनिकर्म करणे शक्य होईल असे वाटते. आज भूपृष्ठांवरचे व भूपृष्ठांतर्गत जे खनिकर्म चालते त्यापेक्षा सागरी खनिकर्माचे काही निश्चित फायदे राहतील. रस्ते बांधावे लागणार नाहीत, दळणवळणाची साधनेही नकोत. बोटींमार्फत माणसे व यंत्रे समुद्राच्या हव्या त्या भागात न्यावीत आणि उत्खनन करून बोटींमार्फतच खनिज पाहिजे त्या देशांकडे रवाना करावे. डच तज्ज्ञानी खनिकर्म करणारे स्वयंचलित कॅटरपिलर वाहन तयार केले असून त्यामार्फत सागरतळी असणारे मँगेनीज व इतर पदार्थ गोळा करण्याची त्यांची योजना आहे. हे स्वयंचलित यंत्र पाच कि. मी. खोलीवर खनिकर्म करू शकेल. या वेळी एका दूरदर्शन कॅमेऱ्याच्या साहाय्याने त्याची हालचाल नियंत्रित केली जाईल. जपानी शास्त्रज्ञ व इंजिनियर एका गंभीर गोलाची उभारणी करण्यात गुंतले असून त्याच्या साहाय्याने पाण्याखालच्या तेलाची व मँगेनीजची पाहणी करता येईल. त्यामध्ये तीन माणसाना दोन कि. मी. खोलीपर्यंत जाता येईल. त्याचा वेग भरपूर राहून त्याची हालचालही सुलभतेने करता येईल. पृष्ठभागी न येता पाण्याखाली तीन दिवस व तीन रात्री त्यामध्ये राहता येईल. त्यांच्या यापुढच्या योजनेत सागरी संशोधनार्थ एक पाणबुडी उभारली जाईल व तीमार्फत भूस्तरीय सर्वेक्षण व माशांच्या विपूल वस्तीच्या जागा शोधणे, ही कामे केली जातील. ही पाणबुडी ६ कि. मी. खोलीपर्यंत अशी कामे करण्यास उपयोगी पडेल.

सागरतळाची ही विविध संपत्ती मिळविण्याची कामे व योजना सोविएत संघामध्येही प्रगत पावत आहेत. दरवर्षी शेकडोनी सागरी मोहिमा निघत

असून पृथ्वीचा ७० टक्क्यांपेक्षाही जास्त भाग व्यापणाऱ्या समुद्राची पाहणी होत आहे. ही सागरी संपत्ती प्रत्यक्ष उपयोगात आणण्याचा काळ काही फार दूरवर नाही पण आजच्या घटकेस भूस्तरशास्त्रज्ञ आणि खनिकर्मतज्ज्ञ यांच्या संशोधनासाठी विस्तृत क्षेत्र उपलब्ध आहे व ते भूपृष्ठी व भूपृष्ठांतर्गत अशा दोन्ही प्रकारचे आहे.

पृथ्वीच्या कवचातील प्रमाणानुसार मँगेनीजचा १५ वा क्रम (०.०९ टक्के) लागतो. भूस्तरशास्त्रज्ञांच्या मतानुसार बहुतेक सर्व खनिजसाठा हा वैश्विक स्वरूपाचा म्हणजे सुमारे २० कोटी वर्षांपूर्वी मँगेनीजयुक्त उल्काश्मांचा भुगा पृथ्वीवर साचल्यामुळे तयार झाला असावा. आज भूपृष्ठांतर्गत व समुद्रांच्या पोटात जे मँगेनीजचे साठे आढळतात त्यामागे वरील कारण समजले जाते.

मँगेनीज खनिजासाठी प्रसिद्ध देश म्हणजे भारत, घाना, दक्षिण आफ्रिका, मारोक्को आणि ब्राझिल. पण यापैकी कोणताच देश सोविएत संघाशी स्पर्धा करू शकत नाही. सोविएत जॉर्जियातील चैतुरा येथील मँगेनीज-साठे साऱ्या जगात अत्याधिक समजले जातात. एक वस्तुस्थिती फारच विचित्र वाटते, ती ही की या भागातून वाहणारी रिओनी नामक लहानशी नदी दर वर्षी २००००० टनापेक्षा जास्त मँगेनीज काळया समुद्रात नेऊन टाकते.

चैतुरा येथे मँगेनीजच्या उत्पादनास अगदी १८७९ पासून सुरुवात झाली आणि १८८६ मध्ये निकोपोलनजिक आणखी एक विस्तृत साठा विकसित केला गेला. पण झारच्या रशियास मँगेनीजची गरज तरी होती का? १९१३ मध्ये १२४५ हजार टनांचे जे उत्पादन झाले त्यापैकी ११९५ हजार टन इतर देशांकडे निर्यात केले गेले. महान देशभक्तानी युद्धकाळी मँगेनीज साठ्यांसाठी उराल, कझाखस्तान आणि सैबेरिया या भागात कसून शोध घेतला. आज या महत्त्वपूर्ण खनिजाच्या उत्पादनक्षेत्रात सोविएत संघ साऱ्या जगात अग्रेसर ठरला आहे.

फेरोॲलॉय तयार करणारे कारखाने मँगेनीज खनिज वापरणारे प्रमुख क्षेत्र ठरते. या ठिकाणी वापरल्या जाणाऱ्या पद्धतींमार्फत मँगेनीजचे लोह किंवा सिलिकॉन असणारे मिश्रधातु किंवा शुद्ध मँगेनीज धातूही तयार होतो. तेथून ते पोलाद तयार करणाऱ्या कारखान्यांकडे रवाना होते.

# ९. मूर्तीमंत कष्टकरी

लोखंडाचा तुटवडा अटळ आहे ? – प्रेमासाठी सर्वस्वाचा त्याग – खाण्यासाठी थोडे लोहचूर्ण वापरा – मूळ रहिवाश्याना लागलेली लोहाची तहान – लोखंडी कोंदणात – सालोमन राजाची मेजवानी – "आकाशातील पाषाण" – वस्तुस्थिती नाकारणे अशक्य – ॲरिझोनातील खड्डा – ब्रॉंझयुगाची निवृत्ती – जादूची काठी – पहिल्या पीटरचा संताप व कृपा – तुमच्या चिलखताची ताकद अजमवा – फ्रॉल फुक्सला फटके मारावेत – देमिदव मारेकरी पाठवितो – आश्चर्यजनक जहाज – एफेलचे टीकाखोर – सूर्यमंदिरे – लाकडी पोलाद – लोखंडास दोष देऊ नका – निवृत्तीचा काळ नजिक आला ? – ब्रुसेल्स येथील ॲटोमियम .

स्टॉकहोम येथे १९१० मध्ये भरलेल्या आंतरराष्ट्रीय भूस्तरशास्त्रीय परिषदेपुढे जी कार्यक्रमपत्रिका होती तीमध्ये "लोखंडाचा संभाव्य तुटवडा" हा एक महत्त्वाचा विषय होता. त्यासाठी नेमल्या गेलेल्या एका खास समितीने लोहखनिजाच्या – लोखंडाच्या – एकूण जागतिक साठ्यांबाबत आपला अहवाल परिषदेला सादर केला. त्यांचा निष्कर्ष: त्यावेळेपासून साठ वर्षांनी म्हणजे १९७० मध्ये लोहाचे सर्व जागतिक साठे संपुष्टात येतील व सर्वत्र लोखंडाअभावी उपासमार होईल! सुदैवाने समितीचे विद्वान सभासद फारच अदूरदृष्टीचे म्हटले पाहिजेत, कारण आजही लोखंडाच्या वापरावर थोडेफार तरी नियंत्रण आणावे अशी मुळीच परिस्थिती नाही. पण जर का मंडळाचा अंदाज खरा ठरला असता आणि या मूलद्रव्याचा एक ग्रॅमही शिल्लक राहिला नसता तर? सुप्रसिद्ध सोविएत खनिजशास्त्रज्ञ व ॲकॅडेमिशियन फर्समान या बाबतीत काय म्हणतात ते पहा:

"...ठिकठिकाणी आपत्ती ओढवलेली दिसेल. रस्ते उजाड बनतील. रेल्वेमार्ग शिल्लक राहणार नाहीत. डबे, इंजिने नष्ट होतील. मोटारी नाहीशा होतील आणि दगडी कामही उरणार नाही कारण त्यांचा लगदा बनेल. या जीवदायी धातूच्या आभावी वनस्पतीजीवन सुकून नष्ट होईल."

"पण महत्त्वाची बाब ही की माणूस, त्याच्या शरीरातील तीन ग्रॅम लोहापासून वंचित झाल्यामुळे एवढे घडेपर्यंत त्याचे अस्तित्वच उरणार नाही. त्याच्या एकूण वजनाच्या अल्पशा (एक टक्क्याच्या पाच हजाराव्या भागाएवढे) लोह नाहीसे होणे म्हणजे साक्षात मृत्यूलाच आमंत्रण!"

भवितव्याचे हे सत्य स्वरूप कुणालाही मान्य करावेच लागेल. आपले अस्तित्व टिकण्यासाठी लोहाची खरोखरीच नितांत आवश्यकता असते, कोणतेही प्राणीजीवन त्यावाचून शक्य नाही. या ग्रहावरील सर्व प्राणीमात्रांच्या रक्तात लोहघटक आढळतो. द्विसायुज्जेचे लोह, हिमोग्लोबिनचा एक जीवनदायक घटक असून सजिवाच्या सर्व पेशींमधून तो ऑक्सिजन खेळवितो. रक्तास जो लाल रंग मिळतो तो लोहामुळेच. मात्र, काही कृमींच्या शरिरातील रक्त हिरव्या रंगाचे आहे ही वस्तुस्थिती खरी आहे. काही काळापूर्वी आपल्या अंटार्क्टिक मोहिमेत सोविएत शास्त्रज्ञाना भाल्याच्या आकाराचा एक मासा हिंदी महासागरात सापडला. त्याचे रक्त पारदर्शक पाण्यासारखे रंगहीन होते. असेही निष्पन्न झाले की तांबडे रक्त असणाऱ्या माशांच्या तुलनेने त्याच्या रक्तात फक्त एक-दशांश लोहअंश होता. मानवी रक्तात लोह असल्याचा शोध गतशतकात प्रथम मेरी या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने लावला. या शोधाशी एक फार मजेदार कथा संबंधित आहे. रक्तात लोह असते हे समजल्यावर प्रेमात पडलेल्या एका विद्यार्थ्याने ठरविले की स्वतःच्या रक्तातील लोहाची अंगठी आपल्या प्रेयसीला भेट म्हणून द्यावयाची. नियमितपणे तो शरिरातील रक्त घेऊन, त्यावर रासायनिक प्रक्रिया करून लोखंड मिळवू लागला. पण असे म्हणतात की पुरेसे लोखंड मिळविण्यापूर्वीच तो रक्तक्षयाच्या विकाराने मरण पावला. रक्तात जर तीनच ग्रॅम लोह असेल तर ते कसे पुरणार?

ज्या व्यक्तीच्या रक्तातील लोहअंश कमी होतो ती व्यक्ती थोड्याच श्रमाने थकून जाते, लोहाअभावी डोकेदुखीचा त्रास होतो आणि एकंदर चैतन्यच कमी होते. यावर उपाय म्हणून वापरली जाणारी लोहयुक्त औषधे पूर्वीच्या काळीही ठाऊक होतीच. १७८३ च्या एका अर्थशास्त्रीय मासिकामध्ये म्हटले आहे: "काहींच्या बाबतीत जसेच्या तसे लोह घेणे हा एक उत्तम उपाय ठरतो व ते अत्यंत सूक्ष्म चूर्णाच्या रूपात किंवा शर्करावगुंठित स्वरूपात घेणे फायदेशीर आहे." याच लेखात पुढील औषधांचीही शिफारस केली आहे: "लोखंडीबर्फ," "लोहजल" आणि "पोलादाचे मद्य" ("व्हाईन मद्या"प्रमाणे आंबट द्राक्ष-मद्यात लोहचूर्ण मुरविले असता ते एक उत्कृष्ट औषध ठरते").

आता हे उघड आहे की विसाव्या शतकाच्या

उत्तरार्धात रोग्याना लोहचूर्ण खावे लागत नाही. अनेक लोहसंयुगांपासून तयार होणारी आधुनिक औषधे वैद्यकशास्त्रात वापरली जातात.

काही नैसर्गिक झऱ्यांमध्येही लोखंडाचा अंश सापडतो. लोहयुक्त पहिला झरा रशियात कसा सापडला याची ही एक कथा पहा. १७१४ मध्ये, करेलिया येथील कॉंचेझर्क्स तांबे उत्पादन केंद्रात इवान रबायेव नामक कामगार होता. त्याच्या हृदयात दुखत असे व पाऊल टाकणेही त्याला कष्टप्रद झाले होते. एक दिवस, लॅंडोझ्स्कोये सरोवरापासून फार दूर नसलेल्या व दलदलयुक्त लोहखनिजाच्या भागात त्यास एक नैसर्गिक झरा आढळला आणि त्याचे पाणी पिण्यास त्याने सुरुवात केली. "ओळीने तीन दिवस तो हे पाणी पित होता व शेवटी तो बरा झाला!" पहिल्या पीटरला ही गोष्ट समजली आणि थोड्याच कालावधीनंतर "ओलोनेत्स येथील मंगळ-जलाबाबतचा हुकूमनामा" प्रसिद्ध झाला. मंगळ ग्रहाला युद्धदेवता व लोहाचा स्वामी समजले जात असल्यामुळे या पाण्यास मंगळ-जल हे नाव दिले गेले. आपल्या कुटुंबियांसमवेत झार या झऱ्याकडे आला आणि त्याने या गुणकारक पाण्याचे प्राशन केले. पण तो मृत्यु पावल्यानंतर हा झरा दीर्घकाळ विस्मृतीच्या पडद्याआड गेला.

अगदी प्राचीन काळापासूनच लोखंडाचा औषधी गुणधर्मांशी संबंध जोडला गेला असून त्यामध्ये त्याच्या अंगी असणारा चुंबकीय गुणधर्महो कारणीभूत आहे. उदाहरणार्थ, प्राचीन इजिप्शियन लोकांची मनोमन खात्री होती की चुंबकाच्या साहाय्याने अमरत्व मिळविणे शक्य आहे. आजारी व्यक्तीना लोहचूर्ण खाण्याचा सल्ला ते देत. गॅलेन या प्राचीन ग्रीक वैद्याने व संशोधकाने चुंबकाच्या अंगी विरेचक गुणधर्म असल्याचे सांगितले आहे तर ॲव्हिसेन्ना याने रोगविभ्रमाच्या (प्रकृतीची चिंता व काल्पनिक व्याधींबद्दल तक्रार करीत बसण्याच्या) व्याधीवर चुंबकाचा वापर केला.

केवळ प्राण्यानाच नव्हे तर वनस्पतीनाही लोहाची गरज असते. फार पूर्वी, १८ व्या शतकाच्या सुरुवातीस फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ व वैद्य निकोलस लेमेरी यास गवतांच्या पात्यांच्या राखेत लोह सापडले. पुढे असे दिसून आले की क्लोरोफिल तयार होण्यासाठी या मूलद्रव्याची नितांत आवश्यकता असल्यामुळे ते सर्वच वनस्पतींमध्ये आढळते. श्वसनकारी वितंचकांमध्ये ऊर्फ एन्झाईममध्ये लोह असते व वनस्पतींच्या श्वसनक्रियेवर त्याचा फार मोठा प्रभाव राहतो. एक मनोरंजक वस्तुस्थिती अशी की दरवर्षी प्लवकांमार्फत (नैसर्गिक पाण्यातील सूक्ष्म जीवसृष्टी) ५०००० टन लोह फस्त केले जाते. जगातील सर्व पोलादकारखान्यांमधून जवळजवळ एवढेच उत्पादन होते.

मेंदेलेयेवच्या सारणीत जी मूलद्रव्ये आहेत त्यापैकी लोहाएवढे दुसरे कोणतेच मूलद्रव्य मानवी संस्कृतीच्या इतिहासाशी अतूटरित्या संबंधित नसावे. युगेन्‌युगे मानवाने लोहाबद्दल व त्यावर काम करणाऱ्या लोकांबद्दल वाटणारे प्रेम बाळगलेले आढळते. प्राचीन काळचे काही लोक तर सोन्यापेक्षाही लोखंडास अधिक मान देत. सोन्यात मढविलेल्या लोखंडाची आभूषणे वापरण्याचे भाग्य काही थोडक्याच अति श्रीमंत उमरावसरदारांच्या वाटयास येई. प्राचीन रोममध्ये विवाहप्रित्यर्थ दिली जाणारी

अंगठी लोखंडात केलेली असे. हळूहळू धातुविज्ञान विकसित झाले आणि लोखंड स्वस्त व विपूल प्रमाणात मिळू लागले. पण आजही पहावयास मिळते की काही मागासलेल्या जमाती त्यासाठी भरपूर किंमत मोजण्यास तयार असतात. १८ व्या शतकातील सुप्रसिद्ध संशोधक जेम्स कुक यास पॉलिनेशिअन लोकांमध्ये लोखंडाबाबत जे आकर्षण आढळले त्याबाबत तो म्हणतो: "... या धातूबद्दल त्याना जेवढे आकर्षण वाटले तेवढे जहाजावरील कोणत्याच वस्तूंबाबत दिसले नाही. त्यांच्यापुरती लोखंड ही वस्तू अतिशय हवीहवीशी वाटणारी आणि अति मौल्यवान अशी गरजेची वस्तु होती. एक दिवस, फक्त एका गंजलेल्या खिळयाच्या बदली सबंध डुक्कर एका खलाशाने मिळविले. दुसऱ्या एका प्रसंगी, काही जुन्या चाकूंबदली एका बेटाच्या रहिवाशानी खलाशाना एवढे मासे दिले की ते त्याना कित्येक दिवस पुरले.

लोहाराचा व्यवसाय तर सर्व काळ मानाचा ठरला होता. सुमारे तीन हजार वर्षांपूर्वीची ही दंतकथाच काय सांगते ते पहा:

जेरूसलेम येथील सालोमन राजाच्या मंदिराचे काम जेव्हा संपले तेव्हा राजाने एक मेजवानी दिली व त्या प्रचंड बांधकामात गुंतलेल्या सर्व कारगिराना निमंत्रित केले. जेव्हा सर्वजण जेवावयास बसले आणि उत्तमोत्तम खाद्यपदार्थ चाखण्यास सुरुवात करणार तोच सालोमन राजाने एकाएकी पृच्छा केली:

"या कामावरील प्रमुख कारागीर कोण आहे? या अतिभव्य मंदिराच्या उभारणीत सर्वात मोठी कामगिरी कुणी केली आहे?".

एक गवंडी उभा राहिला आणि उत्तरला: "हे मंदीर म्हणजे आमच्याच हातचे काम आहे आणि त्याबद्दल मला तरी मुळीच शंका नाही. आम्ही गवंड्यानी एकेक दगड रचून ते पूर्ण केले आहे. त्याच्या भिंती केवढ्या ताकदवान झाल्या आहेत, कमानी व मेघडंबरी तर केवढे थोरले वजन तोलत आहेत. जरा नजर तर टाका. सालोमन

राजाची यशोगाथा ते शेकडो, नव्हे हजारो वर्षे गात राहील."

तेवढ्यात एक सुतार उभा राहिला व म्हणाला, "या मंदिराचा पाया व भिंती दगडात उभारलेल्या आहेत हे मला मान्य आहे, पण पाहुणेमंडळीहो, जरा विचार करा. मी व माझ्या सहकाऱ्यानी घाम गाळून काम केले नसते आणि हे मंदीर माहोगनी व लेबॅनीझ सेडरच्या लाकूडकामाने सुशोभित केले नसते तर या भिंतीना काय किंमत राहिली असती? ठिकठिकाणी वृक्षांचे उत्कृठ लाकूड वापरून जी सजावट केली आहे ती डोळ्याना अगदी मेजवानीच ठरते. या सौंदर्यशाली राजवाड्याचे आम्ही सुतारच खरेखुरे निर्माते ठरतो."

"छे, छे, तुम्ही वस्तुस्थितीच्या अगदी मुळाशी गेले पाहिजे" – खोदकाम करणारा एक कारागीर

म्हणाला. गवंडी आणि सुताराकडे बोट दाखवित तो पुढे म्हणाला, "आम्ही जर पायाच खणला नसता तर या 'गर्विष्ठ' लोकाना ह्याच काय पण कोणताही इमला उभारणे शक्य झाले असते काय? तुमच्या मंदिराच्या देखण्या भिंती, त्यांच्या सजावटीसह वाऱ्याच्या साध्या झुळकीमुळे पत्त्याच्या बंगल्याप्रमाणे कोसळतील!"

हे सगळे ऐकणारा सालोमन राजा फार विचारी व बुद्धिमान समजला गेला होता ते काही उगाच नव्हे. त्याने गवंड्याकडे दृष्टिक्षेप टाकला व विचारले,

"तुझी हत्यारे कुणी बरे बनविली आहेत?

"अर्थात, लोहाराचेच ते काम" काहीसे गोंधळून गवंड्याने उत्तर दिले.

"आणि तुझी कुणी?" सुताराकडे वळून राजाने पृच्छा केली.

"लोहाराशिवाय दुसरे कोण हे काम करणार?" सुताराने तात्काळ उत्तर दिले.

"आणि तुझी कुदळ-फावडी कुणाच्या हातची?" खोदकाम करणाऱ्यास राजाने विचारले.

"आपणा सर्वांनाच माहीत आहे की ती सारी लोहारामार्फतच केली जातात."

सालोमन राजा आपल्या सिंहासनावरून उतरला आणि धुराचे व राखेचे डाग असलेल्या व काळ्या कुळकुळीत चेहऱ्याच्या एका सामान्य माणसापाशी गेला. तो लोहार होता. राजाने त्याचा हात धरून सर्वांच्या मध्यभागी त्यास नेले आणि म्हणाला,

"लोकहो, हा लोहारच मंदिराचा खराखुरा निर्माता ठरतो!"

असे म्हणून राजाने त्यास आपल्या सिंहासनाशेजारी बसविले आणि उंची मद्याचा पेला त्यास सन्मानपूर्वक दिला.

ही दंतकथा खरी वा खोटी असो, त्या वादात आम्हास शिरावयाचे नाही. एवढे मात्र खरे की फार प्राचीन काळापासून लोखंडास आत्यंतिक महत्त्व मिळालेले आहे. वरील दंतकथा हेच सांगते.

अगदी प्राचीन काळच्या माणसाच्या हाती अगदी प्रथमतः जे लोखंड लागले किंवा त्यास वापरावयास मिळाले ते त्याने भूखनिजांपासून मिळविले नसून बहुधा आकाशातून पडलेले असावे. पृथ्वीवर जे उल्कापाषाण आदळतात त्यामध्ये लोह असते. यामुळेच, एका जुन्या भाषेत लोखंडास "आकाशातील पाषाण" असे जे म्हटले गेले आहे ते सार्थ ठरते. पण अगदी १८ व्या शतकाच्या अखेरीपर्यंतसुद्धा, विश्वातून (अवकाशातून) पृथ्वीस लोखं-

डाचा "पुरवठा" होऊ शकेल ही एक स्वप्नाळू कल्पना शास्त्रज्ञ बाळगून होते. १७५१ मध्ये एक उल्का व्हिएन्नानजिकच्या वॅग्रॅम गावी आदळली. चाळीस वर्षानंतर व्हिएन्नाचे स्टुट्झ नामक प्राध्यापक लिहितात: "अगदी १७५१ मध्ये जर्मनीतील अत्यंत परिपक्व बुद्धीची माणसेसुद्धा आकाशातून दगडधोंडे पडतात यावर विश्वास ठेवत होते – यावरून, निसर्ग-विज्ञानाचे त्यांचे ज्ञान किती तोकडे होते ते सहज ध्यानात यावे. आज मात्र अशा भाकड-कथांवर विश्वास ठेवणे अक्षम्यच ठरते."

सुप्रसिद्ध फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ लव्हॉइजे हा सुद्धा याच मताचा होता. १७७२ मध्ये त्याच्या सहकाऱ्यानी आग्रही मत मांडले की, "आकाशातून दगड पडणे हे भौतिकशास्त्रानुसार अशक्य आहे." लव्हाइजेने यास दुजोरा दिला होता. १७९० मध्ये फ्रेंच शास्त्र आकादमीने एक आज्ञाप्ती काढून जाहीर केले की यापुढे आकाशातून पडणाऱ्या दगडांबाबतचे अहवाल स्वीकारले जाणार नाहीत. आकाशातील पाहुण्यांबद्दलच्या कथा त्या विद्वान लोकाना सर्वस्वी हास्यास्पद वाटत हे उघड होते. पण फ्रेंच आकादमीच्या कडक निर्णयास न जुमानता उल्कापाषण पृथ्वीवर अधूनमधून पडतच राहिले आणि शास्त्रज्ञांचे मानसिक स्थैर्य बिघडवीत राहिले. आकाशातील पाहुण्यांच्या आगमनाना दुजोरा देणारे सत्य पुरावे दिवसेंदिवस पुढे येतच होते आणि खरी परिस्थिती नाकारणे सर्व काळ अशक्य होते. १८०३ मध्ये फ्रेंच शास्त्र आकादमीस सत्य स्वीकारावे लागले (त्याशिवाय इलाजच नव्हता). आकाशातील पाषाण अस्तित्वात आहेत हे मान्य करावे लागले आणि पृथ्वीवर पडण्यास त्याना 'परवानगी" दिली गेली.

दरवर्षी लाखो टन उल्कांचा वर्षाव पृथ्वीवर चालूच असतो आणि त्यापैकी काही नमुन्यात लोह्राचा ९० टक्क्यांपर्यंत अंश सापडतो. आतापावेतो सापडलेल्या सर्व उल्कापाषाणात "होबा" हा उल्कापाषाण अत्यंत वजनदार असून तो फार प्राचीन काळी आफ्रिकेतील "होबा वेस्ट" या ठिकाणी

पडला. त्याचे वजन सुमारे ६० टन भरते. सुप्रसिद्ध अमेरिकन ध्रुवप्रदेश-संशोधक रॉबर्ट पेरी यास १८९६ मध्ये ग्रीनलॅंडच्या बर्फात ३३ टन वजनाचा लोह-उल्कापाषाण सापडला. अनेक अडचणीना तोंड देत बोटीने तो न्यूयॉर्क येथे आणण्यात आला आणि आजही तो तेथेच ठेवलेला आढळतो.

पण यापेक्षा कितीतरी पट वजनदार अशा "अवकाशयात्रीनी" पृथ्वीस भेट दिल्याची इतिहासात नोंद आहे. १८९१ मध्ये ॲरिझोनाच्या वाळवंटी प्रदेशात १२०० मी. व्यासाचा आणि १५० मी. खोलीचा खड्डा सापडला. इतिहासपूर्व काळात एक प्रचंड आकारातील उल्कापाषाण आदळल्यामुळेच तो निर्माण झाला आहे.

एके काळी अमेरिकनानी अशा उल्कापाषाणात फार लक्ष घातले होते. कारण त्यामध्ये प्लॅटिनम असते अशी वदंता सर्वत्र पसरली होती. या उल्कापाषाणांपासून औद्योगिक उत्पादन करण्याच्या हेतूने भागधारकांची एक संस्थाही स्थापन झाली. पण या खटाटोपातून फायदा होणे अशक्य असल्याचे लवकरच ध्यानात आले. उल्कापाषाणांचे जे नमुने तपासण्यात आले त्यात प्लॅटिनम

काही आढळले नाही आणि संस्था बंद करावी लागली. शास्त्रज्ञांच्या मते, ॲरिझोना येथे पडलेला उल्कापाषाण कित्येक हजार टन वजनाचा असावा. शक्य आहे की पुढे मागे शास्त्रज्ञ या उल्कापाषाणात जरूर रस घेतील.

लोहयुक्त उल्कापाषाणांवर काम करणे सोपे जात असल्यामुळे त्यापासून सामान्य आयुधे, अवजारे तयार करण्यास माणसे लवकरच शिकली. पण उल्कापाषाण काही आपल्या इच्छेनुसार पडणारे नसतात व त्यामुळे लोखंडाची गरज वाढतच होती. लोहखनिजांपासून लोखंड मिळविण्याचे प्रयत्न वाढत गेले आणि अखेर लोखंडाचा प्रसार एवढा वाढत गेला की ब्राँझयुगास निवृत्त व्हावे लागले.

पृथ्वीवर विस्तृत स्वरूपात विखुरलेल्या मूलद्रव्यांपैकी लोह हे एक असून भूकवचात ते जवळ-जवळ ५ टक्के अथवा ७५५,०००,०००,०००,००० टन आहे. पण खनिकर्म करण्यास योग्य अशा स्वरूपात ते वरील प्रमाणाच्या फक्त एक-चाळिसांश भागाएवढेच भरते. त्यापैकी प्रमुख खनिज म्हणजे मॉग्नेटाइट, लोहपाषाण, हेमॅटाइट व साइडेराइट. मॅग्नेटाइटमध्ये ७२ टक्के लोह असते आणि ते (नावाप्रमाणे) चुंबकीय गुणधर्माचे असते. तांबड्या हेमॅटाइटचे नाव 'रक्त' या अर्थी "हेमा"

हा जो ग्रीक शब्द आहे त्यावरून पडले. लोखंडासाठी "झीलेझा" हा जो रशियन भाषेत शब्द आहे त्याचे मूळ संस्कृत भाषेत सापडते असेही काहींचे मत आहे.

लोखंडाचा शोध घेण्यासाठी एक फार कुतुहलजनकतंत्र पूर्वी वापरले जात असे. त्यासाठी शोधक व्यक्ती एक "दैवी" काठी वापरत असे. ती बहुधा वॉलनट झाडाची असे व एका बाजूस मुठीप्रमाणे वळविलेली असे. ही मूठ हातात धरून तो "भूस्तरशास्त्रज्ञ" संशोधनार्थ बाहेर पडे. या कामात जर यश हवे असेल तर काही नियम त्यास पाळणे जरूरी होते व त्यानुसार बोटे नेहमीच आकाशाकडे रोखलेली ठेवणे आवश्यक होते. अयशस्वी प्रयत्नांचे कारण दुसरे-तिसरे कोणतेही नसून नियमांचे योग्य पालन केले गेले नाही हा दृढ विश्वास होता. अर्थात अयशस्वी प्रयत्नच अत्याधिक असावयाचे ही गोष्ट वेगळी, पण सारे यमनियम काटेकोरपणे पाळले गेले तर यशाची शंभर टक्के खात्री असे आणि लोहखनिजाची जागा, काठी तेथे टेकून सुचित केली जाई.

अर्थात हे तंत्र केवढे जुजबी आहे याची कल्पना, त्यावेळच्या काही लोकाना होतीच. १६ व्या शतकात होऊन गेलेला सुप्रसिद्ध जर्मन धातुशास्त्रज्ञ आणि धातुशास्त्रावरील पहिल्या ग्रंथाचा लेखक जॉर्ज ॲग्रिकोला लिहितो: "खनिकर्म करणाऱ्या खऱ्याखुऱ्या माणसात आपणास शांत प्रवृत्तीची आणि जागरूक स्वभावाची व्यक्ती दिसणे जरूरी आहे. तो जादूची काठी वापरणार नाही कारण, निसर्गाची थोडीफार जाणीव झालेली शहाणी व्यक्ती हे नक्कीच ओळखेल की काठीची मूठ आपल्यासाठी काहीच करू शकणार नाही. मात्र खनिजनिदर्शक अशा काही नैसर्गिक खाणाखुणा त्याच्या मदतीस येतील आणि त्याच खऱ्या मार्गदर्शक ठरतील." तरीसुद्धा त्यानंतरही बरीच वर्षे काठीच्या साहाय्याने (उदा. उराल पर्वतराजीत) शोध घेणे अधूनमधून चालूच होते. काठीवर विश्वास असणाऱ्यांची लमानोसव या प्रसिद्ध रशियन शास्त्र-

झाने फार कडक शब्दात हजेरी घेतली असून तो लिहितो: "माझ्या मते अशा फसव्या, सोंगाड्या लोकांकडे, खरे पाहता या ठगांकडे संपूर्ण दुर्लक्ष करणेच योग्य ठरेल."

सतराव्या शतकाच्या सुरुवातीपासूनच मॉस्को राज्यात लोखंडाची तीव्र टंचाई भासू लागली अलेक्सेय मिखाईलोविच या झारने लोहखनिजाचे नवे साठे शोधण्यासाठी एकामागोमाग एक मोहिमा पाठविल्या. "कोणत्या ठिकाणी कोणते खनिज उपलब्ध आहे, त्यापासून किती लोखंड मिळू शकेल, ते किती काळ पुरेल" हे काम या शोधकपथकानी करावयाचे होते. पण या मोहिमांतून काहीच निष्पन्न झाले नाही.

आपल्या कारकीर्दीच्या पहिल्याच काही वर्षात १ ल्या पीटरने फर्मान काढले: "घडीव आणि ओतीव लोखंडी काम करण्याचे नवे मार्ग शोधण्यात यावेत, परदेशातून (म्हणजे स्वीडनहून) येणारे लोखंड कसे तयार केले जाते ते समजावून घ्यावे, म्हणजे रशियन लोकाना त्यातील इंगित कळून हा उद्योग मॉस्को राज्यात प्रस्थापित होण्यास मदत होईल. सापडणाऱ्या खनिजाचा साठा गुप्त ठेवणाऱ्यास वरील फर्मानानुसार, शारीरिक शिक्षा व मृत्युदंड होईल."

पुढे लवकरच उराल प्रदेशातून कळविले गेले की "चुंबकीय पाषाणाचा" अत्यंत विपूल साठा विसोकया डोंगरप्रदेशात सापडला आहे. बातमीत म्हटले होते: "...डोंगराच्या उतरणीवर निम्म्या अंतरावर शुद्ध चुंबकाचा फुगवटा असून सभोवताली दाट झाडी व टेकड्या पसरलेल्या आहेत." या खनिजाचे नमुने मॉस्कोस पाठविण्यात आले व तज्ज्ञानी त्यांची फार वाखाणणी केली. झारने लगेच धातुशास्त्रीय कारखाना उभारण्याची आज्ञा दिली. उराल पर्वतराजीतील एक प्रचंड कारखाना—नेवयान्स्की कारखाना उभा राहिला व झारने तो तुला येथील कुशल कारागिरांकडे व निकिता देमिदोविच आंतुफ्येव (पुढे त्याने देमिदव हे नाव घेतले) या कारखानदाराकडे सोपविला. रशियाच्या लोखंड-आयातीस कायमचा पायबंद घालण्याचा व "तोफा, उखळी तोफा, चापाच्या बंदुका, तलवारी, भाले, चिलखते, शिरस्त्राणे, दोरखंड" यांचे उत्पादन सुरू करण्याचा झारने आदेश दिला.

पहिल्या पीटरचा आणि निकिता आंतुफ्येव-देमिदव यांचा संबंध कसा आला याबाबत एक कथा सांगितली जाते. अझोवकडे जात असता झारचा एक दिवस तुला गावी मुक्काम होता. आपले परदेशी बनावटीचे पिस्तूल दुरुस्त करण्यासाठी एक अनुभवी कारागीर त्यास हवा होता. निकिता आंतुफ्येवने ते काम स्वीकारले व दुसऱ्या दिवशी सकाळीच त्याने पिस्तूल झारला उत्तम प्रकारे दुरुस्त करून परत दिले. आपले काम एवढ्या त्वरेने झालेले पाहून पीटर फार आश्चर्यचकित झाला. "परकीय कारागिरांपेक्षा आम्ही किंचितही उणे नाही" असे त्या अनुभवी कारागिराने—देमिदवने—उत्तर दिले. झारला त्याचे म्हणणे केवळ बढाईचे वाटले आणि त्याने रागाने त्याच्या थोबाडीत मारली. पण निकिताने शांतपणे उत्तर दिले, "खरा प्रकार काय आहे ते समजावून तर घ्या. मग तुम्ही यापेक्षा खचितच वेगळे वागाल." असे म्हणून झारने जे पिस्तूल दुरुस्तीसाठी दिले होते तेच त्याने खिशातून काढले व झारला दाखविले.

खरी गंमत ही की त्याच रात्री देमिदवने परदेशी पिस्तुलासारखे दुसरे पिस्तूल तयार केले होते. ते एवढे हुबेहूब होते की ते झारला मुळीसुद्धा ओळखता आले नाही. ते पाहून झार चांगलाच चकित झाला. तो आपला राग पूर्णपणे विसरला आणि देमिदव त्याच्या अतीव मर्जीतील एक कारागीर बनला. लवकरच त्याच्या ध्यानी आले की नेवेन्स्की कारखाना अपेक्षेनुसार युद्धसहित्य निर्माण करण्यात अपुरा पडत आहे, तेव्हा त्याने आंतुफ्येव-देमिदवला कारखान्याचे प्रमुखपद दिले.

निकिता देमिदवने व पुढे त्याच्या अकिनफाय देमिदव नामक मुलाने धातुशास्त्रीय राष्ट्रीय गरज पूर्ण करण्यासाठी खूप श्रम घेतले. उरालमधल्या

लोखंडास जागतिक बाजारपेठेत चांगलेच महत्त्व प्राप्त झाले. पुढे गतशतकाच्या मध्यास, "मॉर्निंग पोस्ट" या इंग्लंडमधील वृत्तपत्राने म्हटले आहे की, "आपल्या राष्ट्रीय उद्योगाच्या इतिहासात देमिदव लोखंडाने फार महत्त्वाची कामगिरी बजावली आहे. आपला पोलाद-उद्योग बाल्यावस्थेत असते वेळी – १८ व्या शतकाच्या सुरुवातीस – ते प्रथम पोलादनिर्मितीसाठी आयात करण्यात आले. शेफील्डच्या पोलादी साहित्यास जी कीर्ती लाभली त्यात देमिदव लोखंडाचा फार मोठा वाटा आहे."

फार प्राचीन काळापासूनच लोखंड व त्याच्या साहित्याच्या गुणवत्तेबद्दल फार जागरूकता दाखविली गेली. त्या काळी कारागीर जेव्हा चिलखत तयार करे तेव्हा तो ते स्वतः घालत असे आणि त्यावर हत्यार चालविले जाई. त्यातून जर कारागीर वाचला तरच चिलखत योग्य दर्जाचे ठरे आणि मग त्यास भरपूर इनाम दिले जाई. पण जर उत्पादनात काही उणीव दिसली तर मग त्यास काहीही मिळत नसे.

लोखंडाच्या दर्जाबद्दल पहिले सरकारी नियम १ ल्या पीटरच्या कारकीर्दीत जारी झाले. ६ एप्रिल १७२२ रोजी बर्ग कॉलेजिअम ऊर्फ खनिकर्म खात्यातर्फे, "लोखंडाच्या गुणवत्ताचाचण्या" या नावाखाली हे नियम प्रसिद्ध केले गेले. आजकालच्या गुणवत्ता निकषांची ती मूळ भाषाच ठरते. त्यात म्हटले आहे:

"राजेसाहेब असा हुकूम करीत आहेत की बर्ग-कॉलेजिअममार्फत निघालेली ही अज्ञाप्ती जेथे जेथे लोखंड तयार केले जाते त्या सर्व कारखान्याना लागू असून आजपासून खालील चाचण्यांनुसार लोखंडाचा दर्जे तपासला जावा आणि सांगितलेल्या ठिकाणी पुढीलप्रमाणे शिक्का लावून ते विकले जावे:

पहिली चाचणी: १०.६ इंच व्यासाचे गोल स्तंभ जमिनीत पुरावेत व ते ताठ व न वाकण्याएवढे खोल असावेत. त्यामधून भोके पाडावीत व ती लोखंडी पट्टचा पक्क्या बसतील एवढी रूंद असावीत. त्यामधून लोखंड आरपार घालावे आणि स्तंभाभोवती त्याचे तीन वेढे द्यावेत. नंतर ते उलगडावे जर ते तुटले नाहीत किंवा तसे चिन्ह दिसले नाही तर त्यावर कारखान्याचा १ क्रमांकाचा शिक्का मारावा.

दुसरी चाचणी: लोखंडाच्या पट्टचा घ्याव्यात व ऐरणीवर तीन वेळा ठोकाव्या; नंतर दुसऱ्या बाजूनेही याचप्रमाणे शक्य तेवढ्या जोराने ठोकावे. तुकडा न पडता, या चाचणीत टणक व टिकावू ठरणाऱ्या प्रत्येक पट्टीवर कारखान्याचा २ क्रमांकाचा शिक्का मारावा.

उर्वरित पट्टरांपैकी ज्या वरील दोन चाचण्यात उतरणार नाहीत त्यावर कारखान्याचा ३ क्रमांकाचा शिक्का मारावा.

आजपासून, चाचणीचा योग्य शिक्का असल्याशिवाय कोणतेही लोखंड विकता येणार नाही."

या बाबतीत गैरवर्तन करणाऱ्यांसाठी कडक शिक्षेची तरतूद होती. पीटरच्या एका हुकूमनाम्यात म्हटले आहे: "मी हुकूम करतो की कॉर्निला बेलोग्लाजव या तुला येथील शस्त्रागाराच्या प्रमुखास फटके मारून तुरुंगात सक्तमजुरीसाठी धाडावे, कारण या बदमाशाने राजाच्या फौजेस निकृष्ठ दर्जाची शस्त्रास्त्रे पुरविण्याचा उद्धटपणा केला आहे. मुकादम फ्रॉल फुक्स यास फटके मारून आजवमधून हद्दपार करण्यात यावे. निष्कृष्ठ बंदुकांवर चांगल्या प्रतीचे शिक्के मारण्यातील सुख त्यास कळले पाहिजे."

१७३७ मध्ये स्टेपन चम्पिन या एका स्थनिक माणसास उरालमधलया ब्लॅगोडात डोंगराजवळ चुंबकपाषाणाचा बऱ्यापैकी साठा आढळला. तो त्याने आय. यार्तसेव नावाच्या खनिकर्म इंजिनियरास दाखविला. यार्तसेवचे कुतुहल जागृत झाले आणि त्याने जागेची तपासणी करून तेथील नमुन्यांसह येकातेरिनबुर्ग येथे धाव घेतली. यावेळेपावेतो देमिदव उराल पर्वतराजीचा जणू अनभिषिक्त राजाच बनला होता. यार्तसेव गेल्याचे समजताच त्याचा पाठलाग करण्यासाठी काही मारेकरी

त्याने ताबडतोब रवाना केले. ब्लॅगोडाट डोंगरातील साठा सरकारच्या हातात पडू न देता स्वतः तो गिळंकृत करावा असा त्याचा बेत होता. पण यार्तसेव त्याच्या तावडीतून सुटण्यात यशस्वी झाला. बर्ग-कॉलेजिअमने मग शोधकाना बक्षिसे दिली. त्यानंतर थोड्याच दिवसात स्टेपन चम्पिनचा गूढरीत्या खून झाला पण खुनी काही सापडला नाही. आपल्या मार्गात आडव्या येणाऱ्या माणसांशी कसे वागावे हे देमिदव चांगले जाणून होता.

तांत्रिक क्षेत्रातील लोखंडाच्या प्रवेशानेच १९ व्या शतकाची सुरुवात झाली. १७७८ मध्ये पहिला लोखंडी पूल बांधण्यात आला आणि १८१८ मध्ये पहिले लोखंडी जहाज पाण्यावर तरंगू लागले. पन्नास वर्षांनंतर म्हणजे १८६८ च्या नोव्हेंबरमध्ये लंडनचे एक मासिक म्हणते: "१८१८ मध्ये बांधलेले व्होल्कॅनो नामक पहिले लोखंडी जहाज ग्रीनॉक येथे दुरुस्तीसाठी ठेवले होते. पन्नास वर्षांपूर्वी नव्याने तयार झालेले हे जहाज प्रथमच पाण्यात सोडतेवेळी फार मोठा जनसमुदाय जमला होता — हे पाहण्यासाठी की लोखंडी जहाज पाण्यावर तरंगण्याचा चमत्कार खरोखरीच घडणार काय!" पुढे चार वर्षांनी, १८२२ मध्ये इंग्लंडमध्ये बांधलेले पहिले लोखंडी जहाज, लंडन ते पॅरिस अशा खेपा करीतच होते. रल्वेउद्योग तर लोखंडाच्या प्रचंड खपाचे एक प्रमुख क्षेत्र बनले. इंग्लंडमधील पहिला रेल्वेमार्ग १८२५ मध्ये खुला झाला.

गुस्ताव एफेल या अद्वितीय फ्रेंच इंजिनियरने संरचित केलेल्या विशाल, भव्य अशा लोखंडी मनोऱ्याची उभारणी १८८९ मध्ये पूर्ण झाली. एफेलच्या अनेक समकालीन लोकांची अगदी खात्री होती की हे ३०० मीटर उंचीचे व लोखंडी जाळीचे हिडिस धूड टिकाऊपणाच्या दृष्टीने अगदी तकलादू आहे. एफेलचे सांगणे होते की आपली ही निर्मिती निदान पाव शतकापर्यंत नक्कीच टिकेल. पण आज नव्वदपेक्षा जास्त वर्षे झाली असून पॅरिसचे हे खरेखुरे प्रतीक ऊर्फ एफेल मनोरा अगदी सुस्थितीत असून प्रेक्षकांचे आणि पर्यटकांचे थवेच्या थवे

खेचत आहे. हे खरे की १९२८ मध्ये कित्येक अमेरिकन वृत्तपत्रानी प्रचार केला की एफेल मनोरा गंजल्यामुळे कोसळण्याच्या मार्गावर आहे. पण फ्रेंच शास्त्रज्ञांच्या व इंजिनियर तज्ज्ञांच्या एका मंडळाने मनोऱ्याची सर्वांगिण पाहणी केली आणि अमेरिकन वृत्तपत्रांतील अहवाल म्हणजे धादान्त असत्याचा इरसाल नमूना असल्याचे सिद्ध केले. तैलरंगाच्या जाड अस्तराखाली मनोऱ्याचा इंचन् इंच सुरक्षित असल्याचे दिसून आले.

पण, एका कटु सत्याचा उल्लेख केला पाहिजे की गंजकारकतेची टांगती तलवार लोखंडाच्या डोक्यावर सतत असते. गंजण्याचा अथवा क्षरणाचा व त्यामुळे झीज पावण्याचा दोष म्हणजे लोखंडाचा क्रमांक एकचा शत्रू ठरतो. अनेक शास्त्रज्ञानी मान्यता दिलेली अधिकृत आकडेवारी असे सांगते की १८२०-२३ या कालखंडात, लोखंडाच्या एकूण जागतिक उत्पादनापैकी ( १७६६००००० टन ) जवळजवळ निम्मे म्हणजे ७१८००००० टन लोखंड गंजकारक प्रवृत्तीने नष्ट करून टाकले. क्षरणामुळे होणारी ब्रिटनमधील लोखंडाची हानी दरवर्षी सुमारे ६००००००००० पौंड भरते.

लोखंड गंजण्याच्या प्रवृत्तीवर फार प्राचीन काळापासूनच लोक विचार करीत होते. लोखंडाच्या वस्तूंवर कथिलाचा थर देऊन त्यांचे गंजण्यापासून रक्षण करण्याच्या पद्धतीचा उल्लेख ग्रीक इतिहासकार हेरोडोटस ( ख्रि. पूर्व ५ वे शतक ) याच्या लिखाणात सापडतो. गंजण्याशी मुकाबला करण्यासाठी स्थापन झालेली एक भारतीय संस्था १६०० वर्षांपासून अस्तित्वात आहे. सुमारे १५०० वर्षांपूर्वी, कोनार्कच्या सूर्यमंदिरांच्या उभारणीत या संस्थेने भाग घेतला होता. पुढे ही मंदिरे समुद्राच्या पाण्याखाली गेली तरी त्या काळात मंदिराच्या लोखंडी तुळया, खांब, इ. भाग उत्तम प्रकारे टिकलेले आढळले. एवढ्या पूर्वीसुद्धा भारतीय कारागिराना गंजण्याशी कशी टक्कर द्यावी याची चांगली कल्पना होती असेच त्यावरून सिद्ध होत नाही काय? भारताच्या राजधानीत उभा असलेला विख्यात लोहस्तंभ वरील विधानास दुजोराच देतो. आपल्या "डिस्कव्हरी ऑफ इंडिया" या ग्रंथात पंडित जवाहरलाल नेहरू काय लिहितात ते पहा: "लोखंडाच्या कारागिरीत प्राचीन भारताने फार प्रगती केली होती असे वरवर पाहता दिसून येते. दिल्लीजवळ जो विख्यात लोहस्तंभ उभा आहे त्याने समकालिन नामवंत शास्त्रज्ञाना बुचकळ्यात टाकले आहे. अशा कोणत्या पद्धतीने हा स्तंभ तयार गेला असावा की त्यावर गंजण्याचा व वातावरणाचा मुळीसुद्धा दुष्परिणाम होऊ नये? शास्त्रज्ञाना या प्रश्नाचे उत्तर सापडत नाही."

या गूढ प्रकाराचे शास्त्रज्ञांच्या मते एकच कारण ठरले व ते म्हणजे प्राचीन काळचे धातुशास्त्र हे अंगी अतिशय कौशल्य असणारे व या कलेत अत्युच्च नैपूण्य प्राप्त झालेले असले पाहिजेत. हे सर्वस्वी खरेच आहे. पूर्वी, दर्जेदार पोलादासाठी भारत जगभर प्रसिद्ध होता. यामुळेच एका पर्शियन म्हणीनुसार म्हटलें जाते की "भारतात जाताना भारतीय पोलाद न्यावे." रशियन भाषेतही अशीच समानअर्थी म्हण असून त्यात तुला पोलादाचा उल्लेख केलेला आढळतो ( रशियातील तुला हे शहर पोलादासाठी फार प्रसिद्ध होते ).

आजकाल स्टेनलेस स्टील हा प्रकार एवढा

सर्वसामान्य झाला आहे की त्याचे कुणासही नवल वाटण्याचा संभव नाही, पण प्रगती चालूच आहे. अलिकडेच अमेरिकेत, पारदर्शक स्टेनलेस स्टील तयार करण्याच्या शोधाबाबत स्वामित्व-हक्क दिल्याचे समजते. हा नवा प्रकार विद्युत्-रसायनमार्गे तयार करण्यात आला असून या पद्धतीमुळे स्फटिकांमध्ये बारिक छिद्रे निर्माण होतात व पोलादास पारदर्शकता प्राप्त होते.

आधुनिक पोलाद-निर्मात्यानी असंख्य उपयोगांसाठी असंख्य पोलाद-प्रकार तयार करण्याच्या कलेमध्ये विलक्षण प्रभुत्व मिळविले आहे. निरनिराळ्या वस्तूंच्या निर्मितीमध्ये जे अनेक पोलाद-प्रकार तयार केले जातात त्यांची संख्या अचंबा वाटण्याएवढी मोठी भरते: स्टेनलेस स्टील, हाय स्पीड स्टील, बॉल-बियरिंग स्टील, स्प्रिंग स्टील, मॅग्नेटिक व नॉन-मॅग्नेटिक स्टील, उच्च व नीच तपमानासाठी लागणारे स्टील... पूर्ण यादी देण्यास काही पाने खर्ची पडतील. अत्यंत कठीण पोलादावर यांत्रिक कामे (कापणे, घासणे, छिद्रे पाडणे, आटे पाडणे इ.) करण्यासाठी त्याहीपेक्षा कठीण असणाऱ्या अति अति-कठीण पोलादाची जरूरी असते व त्यामध्ये ५ टक्के टंगस्टन मिसळलेले असते. हिऱ्यापेक्षा टंगस्टन फारच थोड्या प्रमाणात कमी कठीण असते.

बेल्जिअममधल्या एका पोलाद-कारखान्याने काही वर्षांपूर्वी, नक्षीदार पोलादी पत्रा तयार करण्यास सुरुवात केली. ते नक्षीदार लाकडाप्रमाणे, कातड्याप्रमाणे, कापडाप्रमाणे किंवा इतर प्रकारच्या सजावटीच्या साहित्यासारखे हुबेहुब असे. या नक्षीदार पोलादी पत्र्याचे वास्तुशिल्पज्ञ, मोटारीचे कारखानदार, घरसजावटीचे काम करणारे कलावन्त यानी मोठे स्वागत केले.

लोखंड आणि पोलादापासून तयार होणाऱ्या विविध वस्तूंची भिन्नता अमर्याद आहे. लोकशाही प्रजासत्ताक जर्मनीमध्ये १२५ टन वजनाचा धारवा (बियरिंग) तयार करण्यात आला आहे तर स्वित्झरलँडमध्ये एक मिलिमीटरपेक्षा किंचित जास्त व्यासाचे छोटे ("मिनी") धारवे तयार केले गेले. एका काड्यापेटीत असे ३४००० धारवे मावतील. काही घड्याळातील भाग एवढे लहान असतात की हे "मिनी धारवे" बोजड वाटावेत. एका काड्यापेटीत असे ६०००००० भाग सहज मावतील.

लोखंडास मतत प्रचंड मागणी असते. उदाहरणा-

दाखल एवढेच म्हणता येईल की १९ व्या शतकाच्या अखेरीपावेतो दर १०० कि. ग्रॅ. लोखंडापैकी १६ कि. ग्रॅ. लोखंड उद्योगधंद्यात, शेतीउद्योगात आणि दैनंदिन जीवनातच वापरले गेले.

गावे वसविण्यासाठी, रेल्वेमार्गांसाठी, जहाजांसाठी, अजस्त्र झोतभट्ट्यांच्या उभारणीसाठी आणि अवकाश-वाहनांच्या निर्मितीसाठी लोखंड हवेच, त्याशिवाय अशी कामे करणे अशक्य ठरेल.

पण केवळ नवनिर्मितीचीच कामे लोखंडाने पार पाडली आहेत असे मुळीच नाही. इतिहासातील अनेक रक्तरंजित पानांशी लोखंडाचा संबंध आहे. पहिल्या आणि दुसऱ्या महायुद्धांच्या काळात लोकांवर लाखो गोळ्यांचा व बॉम्बचा वर्षाव केला गेला तो लोखंडाच्या मदतीनेच. लोखंडाच्या मदतीने जे उभारले गेले त्याचा लोखंडाच्या साहाय्यानेच नाश केला गेला.

सुमारे दोन हजार वर्षांपूर्वी प्राचीन रोमन ग्रंथकार व शास्त्रज्ञ थोरल्या प्लिनीने लिहिले आहे: "लोहखाणींमुळे माणसास एक अत्यंत उपयुक्त व उत्कृष्ट पण तेवढेच क्लेशकारक हत्यार मिळाले आहे. त्याच्या साहाय्याने आपण जमिनीची मशागत करतो, शेती करतो, धनधान्य, फळबागा, द्राक्षाचे मळे पिकवितो; लोखंडाच्या हत्यारानीच दगड फोडून घरे बांधतो, पण लोखंडी शस्त्रास्त्रानीच आपण झगडतो, युद्ध खेळतो आणि एकमेकाना लुटतोही. त्यासाठी एकमेकांसमोर जाण्याची गरज नाही. कधी त्यास पंख दिले जातात आणि दूर अंतरावर फेकली जातात; कधी किल्ल्यांच्या तटबंदीतून तर कधी शक्तीशाली मानवी हातानी, तर कधी धनुष्याच्या साहाय्याने पिसे लावलेल्या बाणांच्या रूपात आणि कधी भाल्याबरच्यांच्या रूपात. माझ्या मते मानवी बुद्धीने लावलेला हा शोध सर्वात अधिक कुप्रसिद्ध, बदनामीकारक ठरतो. माणसाभोवती मृत्यूचा विळखा तात्काळ पडावा म्हणून त्याने शस्त्रास्त्रास पंख देऊन पिसानी गतिमान केले. पण त्याचे सर्वस्वी खापर माणसाच्याच डोक्यावर फोडले पाहिजे, निसर्गाच्या नव्हे. आपल्या पापांसाठी बिचाऱ्या निरपराध लोखंडास दोषी ठरविणे योग्य नाही."

गेल्या काही दशकात लोखंडास अनेक प्रतिस्पर्धी निर्माण झाले आहेत. ॲल्युमिनिअम, टायटॅनिअम, व्हॅनाडिअम, बेरिलिअम, झिर्कोनिअम आणि इतर धातु यांचा संघ जणू सारी शक्ती पणाला लावून लोखंडाच्या दीर्घकालीन सामर्थ्यास व सत्तेस आव्हान देत आहेत. पण ५००० वर्षांच्या आपल्या निवृत्तीकालातही लोखंडाच्या चर्येत नखभरही चलबिचलता झाल्याचे दृष्टोत्पत्तीस आलेले नाही. ॲकॅडेमिशियन फर्समान लिहितात: "भविष्यकाळ इतर धातूंचा आहे यात शंका नाही. पण लोखंड आपल्या सन्माननीय व गुणवत्तापूर्ण जून्या जागेचा मुळीच त्याग करणार नाही. त्याने आपले नखभर का होईना पण कर्तव्य बजावले आहे. तसा प्रसंग येण्याचा काळ फारच दूरवरचा आहे. तोपर्यंत तरी धातुविज्ञान, यांत्रिकीविज्ञान, दळणवळण, जहाज व पूलबांधणी आणि वाहतुक यांचा पायाभूत आधार लोखंडच राहील."

...१९५८ मध्ये ब्रुसेल्समध्ये भरलेल्या उद्योगधंद्यांच्या जागतिक मेळाव्याच्या ठिकाणी एका अपूर्व अशा "ॲटोमिअम" बांधकामाची उभारणी करण्यात आलेली होती. त्यामध्ये १८ मीटर व्यासाचे व धातूचे ९ प्रचंड गोळे होते. जणू ते हवेतच टांगले आहेत असाच भास होई. ही उभारणी म्हणजे लोहस्फटिकाच्या जालकाची १६५०००००००० पट मोठी केलेली प्रतिकृती होती, आठ गोळे चौरस, घनाच्या शीर्षभागी होते तर एक गोळा मध्यभागी होता. हे ॲटोमिअम उद्योगांचा कणा असणाऱ्या व मूर्तिमंत कष्टकरी ठरलेल्या लोहाच्या अपूर्वतेचे भव्य प्रतीक ठरले.

# १०. वैद्यकीय बंदुकीतील दारू

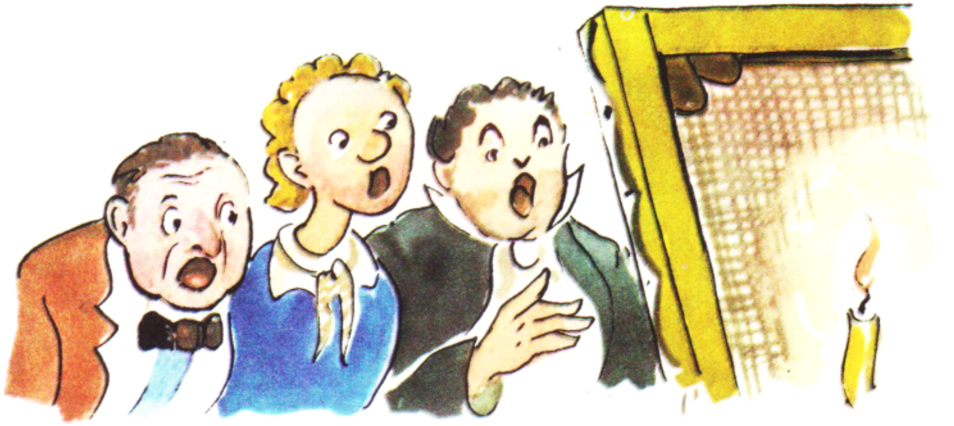
पॅरासेल्ससची जादू – "ब्ल्यू चायना" रंग – सॅक्सनीतील अनोखे खनिज – ब्रँटचा प्रबंध – एका पशुवैद्यकाचा छंद – प्रत्येक ढगास सोनेरी कड – हेन्स संस्थेचे नाविन्यपूर्ण उत्पादन – जपानी पोलाद – विश्वासघातकी "खेळणी" – ब्रिटिश आरमाराचे नुकसान – जुन्या ढिगाऱ्यामार्फत आश्चर्याचा धक्का – प्लॅटिनमशी दोस्ती – ताकदवान आणि स्वस्त – एका महान दांपत्याने लावलेला शोध – दंतकथेतील जणू भूतच – "बरण्यांची" कसून चाचणी – फराहचा मुखवटा – निळे हिरे – आकाशातील वीज कशी पकडाल? – डॉक्टरांचा मदतनीस.

असे सांगतात की पॅरासेल्सस या १६ व्या शतकातील रसायनशास्त्रज्ञास व वैद्यास जादूचा एक प्रकार करून दाखविण्याची फार हौस होती व ती हमखास यशस्वीही ठरत असे. आपल्या प्रेक्षकाना तो प्रथम एक चित्र दाखवित असे. या चित्रात हिवाळ्यातील दृष्य चित्रित केलेले असे. झाडे, डोंगर, जमिनीवर सर्वत्र बर्फ पडलेला असे. प्रेक्षकानी हे चित्र बारकाईने पाहिल्यानंतर, त्यांच्या डोळ्यासमक्ष तो चित्रातील हिवाळ्याचे रूपांतर उन्हाळ्यात करून दाखवी. पूर्वी पडलेला बर्फ नाहीसा होई आणि झाडाना नवी पालवी फुटलेली दिसू लागे. डोंगरांवरचे व जमिनीवरचे बर्फ नाहीसे होऊन सर्वत्र हिरवळ दिसू लागे.

हा काही चमत्कार होता काय? नाही. आपला चमत्कारांवर विश्वास नाही. यामागील खरा जादूगार म्हणजे रसायनशास्त्र हा असून थोडेसे निकेल किंवा आयर्न क्लोराईड मिसळलेल्या कोबाल्ट क्लोराईडच्या द्रावाचा तो खेळ होता. खोलीतील सर्वसाधारण तपमानास हा द्राव रंगरहित असतो. पण या द्रावाच्या साहाय्याने एखादे चित्र रेखाटले आणि वाळल्या नंतर ते किंचितसे जरी तापविले तर त्याचे सुंदरशा हिरव्या रंगात रूपांतर होते. पॅरासेल्सस आपल्या चित्रावर हा द्राव लावत असे आणि हळूच, कोणाच्या लक्षात येणार नाही अशा रीतीने चित्रामागे जाऊन एक मेणबत्ती पेटवत असे. मग प्रेक्षकाना ऋतूबदलाचा आश्चर्यकारक खेळ पहावयास मिळे.

हे खरे की या रंगाचे ऊर्फ द्रावाचे निश्चित रासायनिक स्वरूप काय, हे खुद्द पॅरासेल्ससलाही ठाऊक नव्हते, त्यावेळी निकेल किंवा कोबाल्टची माहितीच झालेली नव्हती. तथापि, कोबाल्टची संयुगे, रंगद्रव्ये म्हणून कित्येक शतकांपासून वापरात होती. अगदी ५००० वर्षांपूर्वीही चिनी मातीच्या व काचउद्योगात निळ्या रंगाची कोबाल्ट द्रव्ये वापरली जात आणि सुप्रसिद्ध ब्ल्यू चायना हा निळा रंग चीनमध्ये कोबाल्ट द्रव्यांपासूनच केला जाई. प्राचीन इजिप्शियन लोक आपली मातीची भांडी कोबाल्टयुक्त निळ्या रंगाने चमकदार करत. तुतनखामेन राजाच्या थडग्यात कोबाल्ट संयुगानी निळा रंग दिलेली चित्रकाच पुरातत्त्ववेत्त्याना सापडली आहे. अशाच काचा असिरिया आणि बाबिलोनिया येथील उत्खननात मिळाल्या आहेत.

असे दिसते की आपले संवत सुरू होण्याच्या वेळी कोबाल्टयुक्त रंगद्रव्ये तयार करण्याची गूढ कला लुप्त झाली असावी. बिझांटाईन, अलेक्झांड्रिया आणि रोमच्या कुशल कारागिरानी तयार केलेली कोबाल्टयुक्त निळी काच त्यावेळी दिसेनाशी झाली आणि त्यानंतर आढळणाऱ्या काचेत निळ्या



रंगासाठी तांब्याच्या संयुगाचा वापर केलेला पहावयास मिळू लागला. प्राचीन निळया रंगापेक्षा तो खचितच निकृष्ठ दर्जाचा होता.

काच आणि कोबाल्ट यांची "विभक्तता" बऱ्याच काळापर्यंत टिकली. केवळ मध्ययुगातच व्हेनिसच्या काच उत्पादकानी या सुंदर निळया रंगाची काच तयार करण्यास सुरुवात केली व ती फारच लोकप्रिय ठरली. परत कोबाल्टनेच काचेला ही कीर्ती मिळवून दिली.

अशी अतुलनीय सौंदर्यशाली काच तयार करण्याचे तंत्र व्हेनिसच्या कारागिरानी अतिशय काळजीपूर्वक गुप्त ठेवले. या गुप्ततेस तडा जाऊ नये म्हणून १८ व्या शतकातील व्हेनिसच्या सरकारने सर्व काचकारखाने, मुरॅनो या लहानशा बेटावर हलविले व तेथे कुणाही परक्या व्यक्तीस जाण्याची बंदी केली. एवढेच नव्हे तर काचकारखान्यात काम करणाऱ्या कोणत्याही व्यक्तीस खास परवानगीशिवाय बेट सोडता येत नसे. अशा परिस्थितीतही जॉर्जिओ बेलेरिनो नामक एक शिकाऊ कामगार तेथून पळाला व थेट जर्मनीत गेला. तेथे त्याने स्वतःचे काचसामानाचे दुकानही उघडले. तथापि, हे दुकान फार दिवस टिकले नाही. एक दिवस दुकानास "आग लागली" आणि त्यात या पळून गेलेल्या माणसाचे भोसकलेले प्रेत सापडले.

१७ व्या शतकातील काही उर्वरित कागदपत्रांवरुन असे दिसते की या अतिमहाग, अत्यंत टिकाऊ व दर्जेदार अशा निळया रंगास रशियात मोठी मागणी होती. त्यास "गलुबेट्स" असे म्हटले जाई. (रशियन भाषेत "गलुबोय" याचा अर्थ "निळा" असा होतो.) त्या काळच्या भव्य इमारतीना (उदा. फॅसेटेड हॉल, आर्मरी, आर्चेजल मायकेल व ॲर्मिशन खिस्तमंदिरे, क्रेमलिन, इ.) रंग देण्यासाठी या कोबाल्ट रंगाचा वापर होत असे.

कोबाल्ट खनिजाचे उत्पादनच तोकडे असल्यामुळे कोबाल्ट रंग अतिमहागडे ठरल्यास नवल नाही. त्याहीपेक्षा अधिक वास्तविक कारण हे की लोकाना कोबाल्ट खनिजांची स्पष्ट कल्पनाच नव्हती आणि खुद्द कोबाल्ट खनिजही निसर्गात मोठ्या प्रमाणात साठलेले नाही. ते थोडयाफार प्रमाणात अर्सेनिक, तांबे, बिस्मथ आणि इतर काही मूलद्रव्यांच्या सन्निध्यातच आढळते. यामुळेच, मध्ययुगीन सॅक्सनमधील खाणकाम करणाऱ्याना कल्पनाच नव्हती की आपल्या डोंगराळ भागात एक अज्ञात धातु भरपूर प्रमाणात आहे. वेळोवेळी एका गूढ खनिजाशी त्यांचा संबंध येई आणि रूप्याच्या खनिजसदृश्य बाह्यरूपानुरूप त्यापासून रूपे मिळविण्याचा प्रयत्न केलाही जाई पण तो निष्फळ ठरे. शिवाय, हे गूढ खनिज रूप्यासाठी जेव्हा जेव्हा भाजले जाई तेव्हा त्यापासून एकप्रकारचा विषारी वायू बाहेर पडे व त्यामुळे खाणकामगाराना विलक्षण त्रास होई. पुढे पुढे खरेखुरे रूप्याचे खनिज व त्याचे हे सोंगाडे स्वरूप यातील फरक ते ओळखू लागले. या फसव्या खनिजास डोंगरदऱ्यातील भुताचे "कोबोल्ड" हे नाव मिळाले.

१७३५ मध्ये जी. ब्रँट या स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञाने सॅक्सनमधील कुप्रसिद्ध "कोबोल्ड" या खनिजासह इतर काही खनिजांचे पृथःक्करण केले व त्यामध्ये जे पदार्थ त्यास मिळाले त्यावर लिहिलेला एक प्रबंध त्याने सादर केला. या खनिजांमध्ये कोणतेतरी एक अज्ञात धातुवर्गीय मूलद्रव्य आहे असे त्याने प्रबंधात म्हटले होते. ब्रँटने या नव्या धातूस "कोबोल्ड" हे खनिजानुरूपच नाव दिले. ब्रँटचा हा शोध आजकालच्या दिवसात लागला असता तर टेलिप्रिंटरसारख्या साधनांद्वारे तो लगेच जगभर माहीत झाला असता. पण १८ व्या शतकात तशी काही सोय नसल्यामुळे काही निवडक लोकानाच माहीत होण्यापलिकडे कित्येक वर्षे तो प्रबंधाच्या स्वरूपातच पडून राहिला. अगदी तीस वर्षे उलटली तरी काही शास्त्रज्ञ – त्यामध्ये सेंट पीटर्सबर्गमधील लेमन नामकही शास्त्रज्ञ होताच – असेच समजत होते की "कोबोल्ड" म्हणजे तांबे, लोह आणि कोणती तरी एक खास मृत्तिका यांचे मिश्रण आहे.

पुढे अगदी १८ व्या शतकाच्या अखेरीस रशियन रसायनशास्त्रज्ञ जी. आय. गेस यासह अनेक शास्त्रज्ञानी ब्रँटच्या संशोधनास पाठिंबा देऊन त्याचे स्वरूप निश्चित केले, आणि आज आपण ज्या नावाने हा धातु ओळखतो ते कोबाल्ट हे नाव ब्रँटने शोध लावलेल्या धातूस बहाल केले.

या वेळेपावेतो, कोबाल्टचे रासायनिक सोयरे म्हटले जाणारे निकेल शोधले गेले होते. निसर्गात हे दोन्ही धातु बहुधा एकत्रित स्वरूपात सापडत असल्यामुळे त्या दोघांची "फारकत" कशी करावी हा कूट प्रश्न शास्त्रज्ञापुढे उभा राहिला.

या अतिशय जटील प्रश्नाचे उत्तर मोठ्या अनपेक्षितपणे सापडले आणि ते कुणास... तर चार्ल्स अँस्किन नामक एका पशुवैद्यकास. हे घडले ते असे: हा पशुवैद्यक आपल्या फावल्या वेळात छंद म्हणून धातुशास्त्राचा अभ्यास करे. १८३४ मध्ये त्यास निकेल व त्याच्या मिश्रधातूंमध्ये विशेष गोडी वाटू लागली. अँस्किन खनिजापासून निकेल मिळविण्याच्या प्रयत्नास लागला. पण दुर्दैवाने (खरे तर सुदैवानेच म्हटले पाहिजे) ज्या खनिजावर तो प्रयोग करू लागला ते कोबाल्टयुक्त होते. कोबाल्टबाबत काय करावे याची अँस्किनला काहीच कल्पना नव्हती. त्यासाठी बेन्सन नामक एका रासायनिक कारखानदाराची मदत घेण्याचे त्याने ठरविले. बेनसनलाही चिनी मातीच्या वस्तु तयार करण्यासाठी कोबाल्ट लागत असेच. पण हे दोन धातु वेगळे कसे करावेत याची त्यास काहीच कल्पना नव्हती. खूप विचारान्ती या दोघा संशोधकानी ठरविले की क्लोरिनीकरण केलेल्या चुन्याचा वापर करावा; यासाठी तो किती लागेल याचे गणित त्यानी काळजीपूर्वक मांडले आणि दोघानी स्वतंत्रपणे कामास सुरुवात केली.

बेनसनजवळ क्लोरिनीकरण केलेला चुना भरपूर होता. त्याचे योग्य प्रमाण घेऊन त्याने खनिजावर त्याची प्रक्रिया करून पाहिली. पण नशीब त्यास अनुकूल नव्हते. त्याचा द्राव दोन्ही धातूंच्या ऑक्साइडनी युक्त ठरला.

इकडे अँस्किनच्या असे ध्यानात आले की जेवढा पाहिजे त्याच्या निम्म्यानेच आपणाजवळ क्लोरिनीकरण केलेला चुना आहे. "काय कमनशिबी आहे मी!" असेच अँक्सिनने मनात म्हटले असले पाहिजे. तरीसुद्धा, आपले प्रयोग त्याने पुढे चालूच ठेवण्याचा निश्चय केला. पण, प्रत्येक ढगास सोनेरी कड असते असे जे म्हटले जाते अगदी तसेच घडले. जे प्रयोग निष्फळ ठरणारे होते त्या प्रयोगातूनच इच्छित निष्कर्ष मिळाले. अँस्किनच्या आश्चर्यास व आनंदास पारावर उरला नाही. कोबाल्ट, ऑक्साइडच्या स्वरूपातील साख्याच्या रूपाने वेगळे झाले होते आणि ज्या निकेलसाठी पुरेसा क्लोरिनीकरण झालेला चुना नव्हता ते निकेल द्रावामध्येच जवळजवळ पूर्णांशाने उरले होते. अँस्किनच्या या पद्धतीत पुढे काही सुधारणा केल्या गेल्या व रासायनिकरीत्या संबंधित असणारे धातु वेगळे करण्यासाठी ही पद्धत तेव्हापासून उद्योग धंद्यात विस्तृतपणे वापरली जाऊ लागली.

२० व्या शतकाच्या सुरुवातीपर्यंत कोबाल्टचे कार्यक्षेत्र फारच मर्यादित राहिले. आज धातुशास्त्रज्ञ कोबाल्टबाबत जी जागरूकता दाखवितात,

त्यावर काम करण्यात जेवढा रस घेतात, तेवढा पूर्वी नव्हता कारण त्याच्या गुणधर्मांबाबत त्याना फारच पुसट कल्पना होती. १९१२ मध्ये ये. प्रो यांचे अलोहित धातूंच्या धातुशास्त्रावर जे पुस्तक प्रसिद्ध झाले त्यात म्हटले आहे की, " ... आजपावेतो तरी उद्योगक्षेत्राच्या दृष्टीने धातुरूप कोबाल्टने आपले कोणतेच वैशिष्ट्य दाखविलेले नाही. लोहात कोबाल्ट मिसळून पोलादाचे काही खास प्रकार तयार करण्याचे प्रयत्न झाले खरे पण आजतागायत त्यांचे कोणतेच उपयोग प्रचारात आलेले नाहीत."

त्या आदरणीय लेखकाचे चुकलेच म्हणावयाचे. कारण, हे पुस्तक प्रसिद्ध होण्यापूर्वी पाच वर्षे आधी हेन्स उत्पादनसंस्थेने, अत्यंत कठीणता असणारे व यांत्रिक कामासाठी योग्य असे मिश्रधातु तयार केले होते. या नव्या मिश्रधातूंपैकी एका गटास "स्टेलाइट मिश्रधातु" असे नाव देण्यात आले होते. (लॅटिन भाषेत "स्टेला" म्हणजे "तारा" असा अर्थ आहे). त्यापैकी एका प्रकारात ५० टक्क्यांपेक्षाही जास्त प्रमाणात कोबाल्ट वापरण्यात आले होते. या उत्पादनांनंतर कठीण मिश्रधातूंचे उत्पादन वाढतच गेले आणि त्यामध्ये कोबाल्टचा वाढता प्रभाव दिसू लागला.

सोविएत शास्त्रज्ञानी पोबेडाइट नामक अतिकठीणता असणारा मिश्रधातु विकसित केला असून तशाच स्वरूपाच्या विदेशी मिश्रधातूंपेक्षा तो सरस ठरला आहे. टंगस्टन कार्बाइडबरोबरच त्यामध्ये कोबाल्टही वापरले गेले.

१९१७ मध्ये होंडा व ताकाती या जपानी शास्त्रज्ञानी २० ते ६० टक्के कोबाल्ट असणारे व उच्च दर्जाचे चुंबकीय गुणधर्म असणारे पोलाद तयार केले व त्याबाबत स्वामित्वाचे हक्कही मिळविले. जपानी पोलाद म्हणून सर्वश्रुत झालेल्या या पोलाद-प्रकाराची गरज फार मोठ्या स्वरूपाची होती. १९ व्या शतकाच्या अखेरीपासून विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीचा काळ म्हणजे उद्योगधंद्यात चुंबकीय गुणधर्मांच्या साहित्याचा सरळ सरळ घुसखोरीचाच काळ म्हटला पाहिजे. म्हणून तर

अशा चुंबकीय पोलादाची तीव्र गरज निर्माण झाली.

लोह, निकेल व कोबाल्ट हे लोहकर्षुकत्व गुणधर्मांचे जे तीन प्रकार आहेत त्यांचा क्यूरी बिंदु सर्वात जास्त असतो. क्यूरी बिंदु म्हणजे असे एक विशिष्ट तपमान, की ज्या तपमानात धातूंच्या अंगी चुंबकीय गुणधर्म आढळणे थांबते. वरील तीन धातूंमध्ये निकेलचा क्यूरी बिंदु सर्वात कमी म्हणजे ३५८ अंश से. असून लोहाचा ७७० अंश से. आहे. उर्वरित कोबाल्टचा क्यूरी बिंदु या दोहोंपेक्षा अधिक म्हणजे ११३० अंश से. भरतो. चुंबकाना, उच्च तपमानासहित विविध प्रकारच्या परिस्थितीत काम करावे लागत असल्यामुळे चुंबकीय पोलाद-प्रकारांमध्ये कोबाल्ट हा एक प्रधान घटक ठरल्यास त्यात नवल ते काय?

कोबाल्टयुक्त मिश्रपोलाद प्रचारात येते न येते तोच सैनिकी व औद्यागिक साहित्याच्या निर्मात्यांची व्यापारी दृष्टी त्यांकडे वळली. त्यानी अचूक हेरले की या पोलादाच्या खास गुणधर्मांमुळे फायद्यासाठी त्याचा नक्कीच वापर करता येईल. (पण त्यात त्यानाही धोका होता ते हे निर्माते सोयीस्करपणे विसरले!) अगदी रशियन यादवी युद्धात देखील (१९१८-२०) खलाशाना व लाल सैन्यास मोठ्या चमत्कारिक सुरुंगांचा अनुभव आला. पाणबुडे जेव्हा हे सुरूंग काढून टाकण्यासाठी जात तेव्हा त्याना हात लावला नसतानाही जहाजे उडविली जात. मोठ्या प्रयासाने पाणबुड्यानी हे सुरूंग हस्तगत करून त्याची वात काढून टाकली तेव्हा असे आढळले की हे घातक खेळणे चुंबकीय गुणधर्माचे आहे. त्यामागचे तत्त्व असे होते की या सुरुंगांच्या चुंबकीय क्षेत्रात बोटीचा सांगाडा वळला रे वळला की सुरुंगाचा तात्काळ स्फोट होऊन बोट बुडविली जाई.

दुसऱ्या महायुद्धाच्या सुरुवातीच्या काळात चुंबकीय प्रवृत्तीचे सुरुंग तयार करण्यासाठी कोबाल्टयुक्त पोलादाचे नाझी जर्मनीतील उत्पादन अनेक पटीनी वाढले. गोबेल्सचा प्रचार असे सांगत असे की जर्मन सुरुंगांची काटेकोर बनावट, संवेदनशीलता आणि प्रतिक्रियेचा वेग हे गुणसमुच्चय, "विधात्याने निर्माण केलेल्या व विकसित पावलेल्या अनेक प्राण्यातील मज्जासंस्थेपेक्षाही अधिक श्रेष्ठ दर्जाचे आहेत." हे कबूल केले पाहिजे की जर्मनीने इंग्लंडच्या किनारी, थेम्स नदीच्या मुखांमध्ये आणि इतर महत्त्वाच्या नद्यांमध्ये विमानातून जे चुंबकीय पाणसुरुंग पेरले त्यामुळे ब्रिटिश आरमाराचे प्रचंड नुकसान झाले. पण म्हटलेच आहे की प्रत्येक विषावर उतारा असतोच. सोविएत संघावर जर्मनीचा विश्वासघातकी हल्ला होऊन दोन आठवडे उलटतात न उलटतात तोच एम्. आय्. इवानोव या सैन्यदलातील इंजिनियरने, काळ्या समुद्रावरील अचाकोव नजिक जर्मनीचा पहिला चुंबकीय पाणसुरूंग नष्ट करण्यात यश मिळविले.

युद्धकाळात उराल पर्वतराजीतील एका खाणीनजीकही एक मोठा वैशिष्टचपूर्ण प्रसंग घडला. तांब्याच्या खनिजावर प्रक्रिया करणाऱ्या एका कारखान्यातील निरूपयोगी पदार्थ ढिगाऱ्यांच्या स्वरूपात ठिकठिकाणी साचविले जात असत. त्यामध्ये कोबाल्ट असेल असा संशयही कधी कुणास आला नव्हता पण अचानकपणे ते दृष्टोत्पत्तीस आले. थोडयाच अवधीत कोबाल्ट मिळविण्याची एक पद्धत विकसित करण्यात आली आणि संरक्षणखात्यास, कचरा म्हणून दुर्लक्षित केल्या गेलेल्या ढिगांमार्फत अत्यंत मोलाच्या धातूचा पुरवठा होऊ लागला. युद्धकालात उष्णतारोधक पोलाद व तत्सम मिश्रधातु तयार करण्यासाठी कोबाल्टचा वापर होऊ लागला. विमानांची इंजिने, क्षेपणास्त्रे, उच्च दाबाखाली वाफ तयार करणारे बाष्पक, टर्बोकॉंप्रेसर व गॅस टर्बाईनची पाती अशा विविध प्रकारे उष्णतारोधक कोबाल्टयुक्त पोलादाचा वापर होऊ लागला. त्यापैकी एक प्रसिद्ध असा मिश्रधातु "व्हिटालिअम" या नावाने ओळखला जात असून त्यामध्ये ६५ टक्क्यांपर्यंत कोबाल्ट असते. कोबाल्टचे धातुशास्त्रीय आणखी

कितीतरी उपयोग प्रचलित होणे शक्य आहे, पण या धातूचा अपुरा पुरवठा आणि त्याची उच्च किंमत या दोन कारणानी विकास रोखून धरला आहे. तथापि असे एक क्षेत्र आहे की जेथे अधिकच महागड्या व ज्याचे जागतिक उत्पादन एक मालमोटर भरेल एवढेच असते अशा प्लॅटिनमला पर्यायी म्हणून कोबाल्ट उपयोगी पडेल. विद्युत्‌विच्छेदनयुक्त धातुशास्त्राचा गाडा, अविद्राव्य अशा धनाग्रांवाचून (म्हणजे विद्युत्-विच्छेद्य द्रावात न विरघळणाऱ्या किंवा प्रक्रिया न पावणाऱ्या) पुढे सरकणारच नाही. यासाठी प्लॅटिनम धातु आदर्श खरा पण तो अत्यंत महागडा. त्यास पर्यायी ठरणारा पण स्वस्त पडणारा असा कोणता धातु वापरावा या काळजीत शास्त्रज्ञ दीर्घकाळ पडले होते. अतिशय चिकाटीपूर्वक या प्रश्नाचा त्यानी पिच्छा पुरविला आणि अखेर प्लॅटिनमपेक्षा गुणवत्तेत तसूभरही कमी न ठरणारा व जहाल अम्लानाही अजिबात दाद न देणारा असा एक मिश्रधातु तयार केला गेला. त्यामध्ये कोबाल्टचा अंश ७५ टक्क्यांपर्यंत आहे.

काही बाबतीत कोबाल्ट आणि प्लॅटिनम यांचे संयुक्त स्वरूप वापरले जाते. मुलार्ड या इंग्लिश उत्पादकानी या दोन धातूंपासून उच्च गंजरोधकता असणारा व यांत्रिक कामे सहजगत्या करता येणारा मिश्रधातु तयार केला आहे. विद्युत्‌घड्याळे, बहिऱ्यांसाठी असणारी श्रवणयंत्रे आणि डाटा यंत्रे यातील अगदी लहान आकारातील चुंबकीय भागांसाठी त्याचा उपयोग केला जातो.

कोबाल्ट आणि क्रोमिअम यांचा मिश्रधातु दंतवैद्यकीतील एक सर्वोत्कृष्ट साहित्य ठरले आहे. दात भरण्याच्या कामी सोन्याच्या तुलनेने ते दुप्पट ताकदीचे तर आहेच पण त्यापेक्षा स्वस्तही आहे.

आतापावेतो आपण जे काही विवेचन केले त्याचा संबंध साध्या प्रकारच्या कोबाल्टपुरताच होता. पण पुढे १९३० मध्ये, फ्रेडरिक व इरिन जोलिअट-क्यूरी या फ्रेंच दांपत्याने कृत्रिम किरणोत्सर्गाचा आविष्कार शोधून काढला आणि अशा

किरणोत्सर्गी समस्थानिकांमध्ये विज्ञान व अभियांत्रिकी क्षेत्रातील शास्त्रज्ञानी प्रचंड स्वारस्य दाखविण्यास सुरुवात केली. यात कोबाल्टचाही समावेश होताच. या मूलद्रव्याच्या १२ समस्थानिकांपैकी कोबाल्ट-६०चे उपयोग विस्तृत प्रमाणात प्रचारात आले. त्याचे किरण उच्च दर्जाच्या भेदनक्षमतेसाठी अतिशय प्रसिद्ध आहेत. प्रारणऊर्जा विचारात घेता, १२ ग्रॅम किरणोत्सारी कोबाल्ट हे एका कि. ग्रॅ. रेडिअमच्या बरोबरीचे असते. रेडिअम तर निसर्गातील अत्यंत शक्तिमान प्रारणाचे उद्‌गमस्थान समजले जाते. म्हणूनच कोबाल्ट-६० हे समस्थानिक द्रव्य निर्माण केले जाते, साठविले जाते आणि त्याची वाहतूक केली जाते तेव्हा त्याच्या घातक किरणांपासून लोकाना धोका पोहोचू नये यासाठी अत्यंत कडक नियमांखालीच ही कामे केली जातात. इतर समस्थानिकांबाबतही अशीच काळजी घेतली जाते.

साध्यासुध्या धातुरूप कोबाल्टचे जेव्हा किरणोत्सार कोबाल्टमध्ये रूपांतर केले जाते तेव्हा ते, एखाद्या दंतकथेतील भुताप्रमाणे खास प्रकारच्या बरण्यांमध्ये बंद केले जाते. नेहमीच्या दुधाच्या ज्या बरण्या असतात तशाच या बरण्या दिसतात. त्यावर शिशाचा थर असतो व त्यांची वाहतूकही खास बांधणीच्या वाहनातून केली जाते. पण वाहनास मध्येच कुठे अपघात झाला तर? तसे झाल्यास बरण्या फुटून त्यातील कोबाल्ट-६० चे घातक परिणाम निरपराधी लोकाना भोगावे तर नाही लागणार? पण अशी शक्यताच ठेवली जात नाही. अर्थात असे कोणतेही वाहन नाही की ज्यास अपघात कधीच होणार नाही. पण झालाच तर बरण्या अगदी सुरक्षितच राहतील याची खात्री करणाऱ्या कडक चाचण्यातून त्या पार पडल्यावरच त्यांची वाहतूक केली जाते. एका चाचणीत या बरण्या ५ मी. उंचीवरून काँक्रिटच्या फरशीवर टाकल्या जातात. अशाच प्रकारच्या इतर चाचण्यांतून बरणी जर योग्य दर्जाची ठरली तरच ती वापरली जाते. असे अनेक सुरक्षा-उपाय वापरले जात असल्यामुळे किरणोत्सार पदार्थांची हाताळणी करणाऱ्या माणसांची सुरक्षितता निश्चितपणे सांभाळली जाते.

किरणोत्सार कोबाल्टचे अनेक "व्यवसाय" आहेत. त्यापैकी एक अत्यंत मोठ्या प्रमाणातील व्यवसाय म्हणजे निरनिराळ्या वस्तूंमधील दोष शोधून काढणे. ओतकाम, घडीव काम, अशा अनेक प्रकारे उद्योगक्षेत्रातील विविध साहित्य तयार होते. त्यामध्ये चिरा, फटी, छिद्रे, हवेचे बुडबुडे, मोठमोठ्या ओतकामातील अंतर्गत दोष, वितळजोडातील फटी या वरवर दिसून येत नाहीत. तसेच काही भाग यंत्रसामग्रीत अगदी कोपऱ्यात, आतल्या बाजूस असल्यामुळे त्यातील दोष आढळणेही मोठे दुर्गम असते. या साऱ्यांवर गॅमा-किरणचित्रण (क्ष-किरणचित्रण) करून उपाय योजता येतो. यामध्ये कोबाल्ट-६० हे गॅमाकिरणांचे उद्‌गमस्थान असते. वरील प्रकारचे दोष या पद्धतीमुळे लगेच ध्यानात येतात. उद्‌गमस्थानातून निर्माण होणारे किरण सर्व दिशानी जात असल्यामुळे एकाच वेळी अनेक वस्तूंची परीक्षा करता येते. दंडगोलाच्या आकारातील साहित्य त्याच्या सर्व बाजूनी एकाच वेळी तपासले जाते.

या गॅमा-किरणांमुळे इजिप्तविद्याभ्यासीना अनेक वर्षे गोंधळात टाकणाऱ्या एका रहस्याचा उलगडा होण्यास मदत झाली. तुतनखामेनच्या मुखवट्याचे हे रहस्य होते. काहींच्या मते हा मुखवटा एकसंधी सोन्याचा आहे तर काहींच्या मते अनेक भाग एकमेकास जोडून तो तयार केला गेला आहे. याचा निर्णय घेण्यासाठी त्यानी कोबाल्ट-किरण फेकणारी बंदूक वापरण्याचे ठरविले. या खास बंदुकीत ऊर्फ उपकरणात भरण्यात आलेली 'दारू' म्हणजे कोबाल्ट-६० हे द्रव्य होते. मुखवट्याचे गॅमा-किरणचित्र घेतले गेले व त्यातून निष्पन्न झाले की निरनिराळे भाग जोडूनच मुखवटा तयार केला गेला खरा पण त्यांचे जोडकाम एवढ्या कौशल्याने केले गेले की ते ओळखून येऊ नये.

प्रगलक भट्ट्यांमधल्या वितळलेल्या धातूची पात-

ळी नियंत्रित करण्यासाठी, झोतभट्टीत टाकल्या जाणाऱ्या मालाची पातळी ठराविक मर्यादेत राखण्यासाठी तसेच अखंड ओतकाम करणाऱ्या यंत्रसामग्रीतील स्फटिकीकरणांच्या पात्रातील पोलाद-रसाची पातळी नियंत्रित करण्यासाठी किरणोत्सार कोबाल्टचा उपयोग होतो.

बोटींच्या सांगाड्यांवरील पत्र्यांवर देण्यात येणारा संरक्षक थर मोजण्यासाठी, नळांच्या भिंती तपासण्यासाठी तसेच बाष्पकांच्या पत्र्यांची तपासणी करण्यासाठी कोबाल्ट-६० चा वापर असलेली खास उपकरणे प्रचारात आहेत. नेहमीची तपासणी-उपकरणे आतून तपासणी करण्यास उपयुक्त ठरत नाहीत.

खूणचिठ्ठी लावलेले अथवा लेबल लावलेले अणु ऊर्फ किरणोत्सार समस्थानिक यांचा तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात आणि निरनिराळ्या कार्यरत उपकरणांमध्ये अतिशय मोठा उपयोग केला जातो. कोबाल्टसह अनेक धातूंचे खूणचिठ्ठी लावलेले अणु अशा कामासाठी वापरले जातात. यातील कल्पना अशी की किरणोत्सारी द्रव्यामध्ये, त्याचाच एक समस्थानिक सूक्ष्म प्रमाणात मिसळलेला असतो. हे समस्थानिक त्याच मूलद्रव्याचे असल्याकारणाने त्याचे रासायनिकदृष्ट्या अस्तित्वही कळून येत नाही, पण त्यामध्ये आढळून येणाऱ्या किरणोत्सर्गामुळे विशिष्ट उपकरणाच्या साहाय्याने ते कुठेही असले किंवा गेलेले असले तरी त्याचे अस्तित्व समजून येते.

सोविएत संघातील शास्त्रज्ञानी व अभियंत्यानी जगात प्रथमच या क्षेत्रातील व्यापारी तत्त्वावर प्रारणयुक्त रासायनिक अणुभट्टीची उभारणी केली असून त्यामध्ये जे गॅमा-किरण वापरले आहेत त्यासाठी कोबाल्ट-६० चाच वापर केला आहे.

आधुनिक पद्धतीचा – उदा. उच्च दाब, श्राव्यातीत ध्वनी, लेझर-प्रारण आणि प्लाझ्मा – यांचा वापर करून पदार्थांवर ज्या निरनिराळ्या प्रक्रिया केल्या जातात तशाच प्रारण-पद्धती उद्योगक्षेत्रात अलिकडेच वापरल्या जाऊ लागल्या आहेत. त्यामुळे अनेक पदार्थांच्या गुणधर्मात भरघोस सुधारणा करणे

शक्य झाले आहे. उदाहरणार्थ, अशा प्रक्रियेमुळे व्हल्कनीकरण केलेल्या धावांच्या उपयुक्ततेत १०-१५ टक्के वाढ होते म्हणजेच त्या अधिक काळ टिकतात. त्याचप्रमाणे प्रारणाच्या साहाय्याने शालेय गणवेशांच्या कापडात पॉलिस्टायरीन रेणूंचे रोपण केले जाते व त्यामुळे गणवेश दुप्पट काल टिकतात. एवढेच काय पण या "रेडियो प्रक्रियेमुळे" हिरे-माणके वा जवाहिरसुद्धा अधिक सौंदर्ययुक्त होतात. हिऱ्यांवर जलद गतीच्या न्यूट्रॉनचा भडिमार केला असता त्यामध्ये निळसर छटा येते, मंद गतीच्या न्यूट्रॉनमुळे हिरवी छटा तर कोबाल्ट-६० मुळे त्यास निळसर-हिरवा रंग प्राप्त होतो. किरणोत्सार कोबाल्ट शेतकी-क्षेत्रातही वापरले जाते. जमिनीतील ओलावा ठरविण्यासाठी, हिमवर्षावातील पाण्याचा अंश नक्की करण्यासाठी आणि पेरण्यापूर्वी बियाणांवर या किरणाची प्रक्रिया करण्यासाठी ते उपयोगी पडते.

काही काळापूर्वी, एका फ्रेंच शास्त्रज्ञास असे आढळले की किरणोत्सार कोबाल्ट परिणामकारकरीत्या वापरणे शक्य आहे, ते कशासाठी... तर आकाशातील वीज पकडण्यासाठी! ज्या साहित्यापासून तडित्-निवारक दांडा बनविला जातो त्यामध्ये जर कोबाल्ट समस्थानिक मिसळले तर त्यातून बाहेर पडणाऱ्या गॅमा-किरणांमुळे सभोवतालच्या विस्तृत हवेचे आयनीभवन होते. त्यामुळे वीज या दांड्याकडे चुंबकाप्रमाणे आकर्षित केली जाते. अशा प्रकारे सभोवतालच्या शेकडो मीटरच्या परिसरातील वीज हा दांडा "गोळा करतो."

आज लोकांचे जीवन वाचविण्याची डॉक्टरांची जी धडपड चालू आहे त्यामध्ये किरणोत्सार कोबाल्ट त्यांचा एक विश्वासू सहकारी बनला आहे. त्यांच्या "वैद्यकीय बंदुकात" कोबाल्ट-६० या समस्थानिकाचे कण ठेवले जातात आणि अशा बंदुकातून बाहेर पडणाऱ्या किरणांचा घातक अर्बुदांवर, अंतर्गत अनैसर्गिक वाढीवर मारा करून त्यांचा नायनाट केला जातो. हे करताना जीवमात्रावर मात्र त्याचा कोणताच अनिष्ट परिणाम होत नाही हे विशेष. पण दुषित पेशी मात्र नष्ट होतात, त्यांची कार्यप्रवणता थांबविली जाते आणि भयानक रोगाचे मूळच नष्ट केले जाते.

अशा समस्थानिकांचा साठा करणाऱ्या भूमिगत खोल्यांमध्ये लहानमोठ्या बाटल्यांमधून कोबाल्ट, स्ट्रॉंशिअम, सीसिअम आणि इतर किरणोत्सार पदार्थ साठवून ठेवण्यात येतात. जरूर पडते तेव्हा रुग्णालये वा उपचारकेंद्रांकडे ती पाठविली जातात. याशिवाय, कारखाने व संशोधन करणाऱ्या प्रयोगशाळांनाही ते पुरविले जातात. थोडक्यात म्हणजे, शांततेसाठी अणूंचा जेथे जेथे वापर होतो त्यांचा त्यावर हक्क असतो, असे म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही.

# ११. तांब्याच्या रूपात सैतान

आज्या-पणज्यांचा आनंद – चीनचा एक प्राचीन मिश्रधातु – पिशाच्चाची करामत – खुळ्या कल्पनाना ठोकरणार – एक मेहेनती फ्रेंच व्यक्ती – कॅनडात सापडलेले – झेगोटास्कीस मिळालेले सुवर्णपदक – "कामगार आणि कामगार-स्त्री – सामुहिक शेतकरी" – एक साथ व त्यामागचे कारण – सम्राटाच्या मृत्यूस कोण जबाबदार? – नौदलातील "विध्वंसक कृत्ये" – सेवाभावी कामात ३००० – भूतकाळ स्मृतिआड जाणार नाही – चमकदार व तेजस्वी – मेदापासून मोती – चंद्रावर दाढीचे साहित्य जाणार – पराग ज्वरावर काही उपाय आहे का? – पक्षपातीपणाचा धातुशास्त्रज्ञाना त्रास – जवळचे संबंध – निकेलचा थर दिलेला ग्रह – फॉक्स-टेरिअर खनिजशोधात गर्क – भला प्रचंड स्फोट – अवकाशातील तारा हस्तगत करा – धाडसी योजना – पुनरपि न्याय मिळेल काय?

बहुधा अनेक महिलाना माहीत नसेल की त्यांच्या आज्या-पणज्या जेव्हा तरुण आणि आकर्षक युवती होत्या तेव्हा त्यांचा निकेलवर फारच लोभ होता आणि त्यांच्या गळयातील, केसातील व हातातील आभूषणातील निकेल त्यांचे सौंदर्य खुलवित असे. आणखी एक मौज वाटणारा प्रकार म्हणजे अगदी २० व्या शतकाच्या सुरुवातीसही निकेल हा मौल्यवान धातु समजला जात असे. निकेल धातुरूपात मिळविण्याचे काम फार दुष्कर होते आणि जे काही थोडेसे तयार होत असे ते जवाहिऱ्यांकडे जात असे.

लोकाना कित्येक युगांपूर्वी निकेलची माहिती झाली असावी असे वाटते. एक सत्य परिस्थिती अशी की ख्रि. पू. २ ऱ्या शतकात चिनी लोकानी पॅक्फाँग या नावाने ओळखला जाणारा निकेलचा तांबे व जस्त हे घटक असणारा मिश्रधातु तयार केला होता व त्यास अनेक देशांमध्ये मागणी होती आज ज्यास सोविएत मध्य आशिया म्हटले जाते त्या प्रदेशाच्या सरहद्दीवर असलेल्या बॅक्ट्रिया या राज्यातही चिन्यांचा हा मिश्रधातु वापरला जात असे. बॅक्ट्रियात नाणी तयार करण्यासाठी त्यांचा वापर होत असे. त्यापैकी एक व ख्रि. पू. २३५ मध्ये तयार झालेले नाणे लंडनमधील वस्तूसंग्रहालयामध्ये पहावयास मिळते.

स्विडनचा खनिजशास्त्रज्ञ व रसायनशास्त्रज्ञ क्रॉन्स्टेर याने १७५१ मध्ये निकेलचा शोध लावला. त्यास ते निकोलाइट खनिजात आढळले. पण त्या काळी या खनिजास "कुफरनिकेल" म्हणजे "तांब्याच्या रूपातील सैतान" असे म्हटले जाई आणि त्याचे कारण सांगणारी एक कथाही प्रचलित आहे. पूर्वी मध्य युगात, सॅक्सनीच्या खाणकामगाराना नेहमीच एक तांबूस रंगाचे खनिज ठिकठिकाणी पहावयास मिळे. ते तांब्याचेच खनिज आहे अशी त्यांची चुकीची समजूत झाली व त्यापासून तांबे मिळविण्याचा अनेकदा त्यानी प्रयत्न केला. पण, जनावराच्या मूत्रापासून परिसाच्या साहाय्याने सोने मिळविण्याचे किमयागारांचे प्रयत्न जसे निष्फळ ठरले तद्वतच हे प्रयत्नही अगदी तसेच निरर्थक ठरले.

सॅक्सनानी आपले डोके खूप खाजविले पण आपले प्रयत्न निष्फळ का होत आहेत हे काही त्याना समजले नाही. अखेर एकाच्या डोक्यात लख्ख प्रकाश पडला: या पर्वतराजीत राहणाऱ्या निक् नामक पिशाच्चाचाच हा सारा खेळ आहे, त्याने या खनिजात प्रवेश केला असला पाहिजे आणि तांब्याचा एक कणही मिळू न देण्याचा त्याचा विचार आहे असे त्याने ठरवले.

खरे पाहता मध्ययुगीन शास्त्रज्ञानीही, किमयागारानीही हे स्पष्टिकरण उचलूनच धरले असावे. काही का असेना या तांबूस खनिजापासून तांबे मिळविण्याच्या नादी कुणी लागले नाही हे मात्र खरे. त्यास "तांब्याच्या रूपातील सैतान" असे नाव दिले गेले आणि मग तर त्यापासून तांबे मिळविण्याची धाडसी कल्पना कुणीच केली नाही.

पण क्रॉन्स्टेट हा काही भाकड कथांवर विश्वास ठेवणारा नव्हता. तो या सैतानास मुळीच घाबरला नाही आणि कुफरनिकेलपासून त्याने धातु मिळविलाच. तो तांबे नसून एक नवाच धातु होता. त्यास त्याने निकेल असे नाव दिले.

यानंतर आणखी पन्नास वर्षे लोटली. रिक्टर या जर्मन रसायनशास्त्रज्ञास खनिजापासून बऱ्याचशा

शुद्ध स्वरूपात निकेल धातु मिळवता आला. तो रूपेरी शुभ्र रंगाचा होता व त्यात सहसा ध्यानात न येणारी अशी तपकिरी रंगाची छटा होती. हा धातु अतिशय प्रसरणशील व तंतुक्षमही होता. पण निकेलचे औद्योगिक किंवा व्यापारी प्रमाणात उत्पादन होण्याचे चिन्ह काही दिसत नव्हते.

१८६५ मध्ये न्यू कॅलिडोनियात निकेल खनिजाचे विस्तृत साठे आढळले. तद्पूर्वी काही काळ ज्यूल्स गार्निअर नामक अत्यंत मेहेनती व विद्वान माणसाची फ्रेंच वसाहतवाद्यांच्या खनिकर्म विभागावर प्रमुख म्हणून नेमणूक झाली होती. गार्निअरने खनिजे शोधण्याचा धडाकाच लावला व त्यात तो यशस्वीही झाला. लवकरच असे दृष्टोत्पत्तीस आले की या बेटावर निकेल खनिज अत्यंत विपूल प्रमाणात आहे. आपल्या या उत्साही व मेहेनती भूस्तर-शास्त्रज्ञाच्या गौरवार्थ न्यू कॅलिडोनियनानी तेथील खनिजास गार्निअराइट असे नाव दिले.

त्यानंतर वीस वर्षानी पॅसिफिक रेल्वेमार्गाच्या कामावर असलेल्या कामगाराना तांबे-निकेलच्या संमिश्र खनिजाचा प्रचंड साठा सापडला.

या दोन घटनांमुळे निकेलच्या व्यापारी उत्पादनास मोठी चालना मिळाली. याच सुमारास धातुशास्त्रज्ञाना असेही दिसून आले की निकेलच्या अंगी पोलादाची गुणवत्ता वर्धित करण्याचे महत्त्वपूर्ण गुणधर्म आहेत. तसे पाहिले तर निकेलयुक्त पोलाद बनविण्याचे अनेक प्रयोग मायकेल फॅरडे या इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञाने व निसर्गवेत्त्याने १८२० च्या आसपास केलेच होते, पण पोलादनिर्मात्याना आकृष्ट करण्यात तो यशस्वी झाला नाही.

गतशतकाच्या अखेरीस सेंट पीटर्सबर्ग येथील ओबुखव कारखान्याकडे नाविकदलाने एक महत्त्वपूर्ण कामगिरी सोपविली. बोटींवरील चिलखताचे काम करणारे आवरण-पत्रे तयार करण्यास या कारखान्यास सांगितले गेले. यावेळेपावेतो इंग्लंड व फ्रान्सच्या नौदलाने आपल्या बोटींवर निकेल पोलादचे चिलखती आवरण देण्यास सुरुवात केलीच होती व तज्ज्ञानी त्याची मुक्तकंठाने प्रशंसा केली.

या नव्या पोलादाचा विकास करण्याचे कार्य ए. ए. झेशोतस्कीं या नामवंत रशियन धातुशास्त्रज्ञाने हाती घेतले. लौकरच त्याच्या चिकाटीच्या प्रयत्नाना यश आले आणि ओबुखव कारखान्यामधून १० इंच जाडीचे दर्जेदार निकेल-पोलादातील चिलखती पत्रे तयार होऊ लागले. ते परदेशी पत्र्यांपेक्षा तसूभरही कमी दर्जाचे नव्हते पण झेशोतस्कीस ते आणखीनच दर्जेदार हवे होते. अल्पावधीतच त्याने एक नवीन पद्धत अमलात आणली. या पद्धतीद्वारे या मिश्रधातूच्या बाह्यांगाचे सीमेंटीकरण होत असे, म्हणजे तो कार्बनने परिपूर्ण बनत असे. हा नवा मिश्रधातूप्रकार अत्यंत ताकदवान व प्रसरणशील ठरून बाह्यांग जादा कठीण ठरले. हा प्रकार एवढ्या उच्च दर्जाचा ठरला की ज्या स्नीडर-क्र्युसॉट कारखान्याचे चिलखती आवरण सर्वोत्तम समजले जात असे ते स्पर्धेत टिकेनासे झाले.

या अत्यंत बुद्धिमान धातुशास्त्रज्ञास सुवर्णपदक देऊन रशियन नौदलाने त्याचा उचित सत्कार केला आणि इतर कारखान्यातही त्याच्या पद्धतीनुसार उत्पादनास सुरुवात केली.

या काळात निकेल-पोलादाचा वापर शांततापूर्ण कामासाठीच केला जात असे. त्यापासून शस्त्रक्रियेची हत्यारे, रासायनिक कारखान्यातील विविध भाग आणि घरगुती साहित्य तयार होत असे.

वेरा मुखिना या मूर्तीकार स्त्रीने तयार केलेले "कामगार व कामगार-स्त्री – सामुहिक शेतकरी" हे अत्यंत भव्य व विशाल शिल्प जरा डोळ्यासमोर आणा. हे २४ मीटरचे स्मारक १० टक्के निकेल मिसळलेल्या स्टेनलेस स्टीलपासून तयार करण्यात आले व ते पॅरिसच्या जागतिक प्रदर्शनात ठेवण्यात आले होते. आज मॉस्कोतील सोविएत संघाच्या आर्थिक प्रगीतसंबंधीत प्रदर्शनाच्या प्रवेशद्वारी ते उभे आहे.

इतर धातूंपासून विविध मिश्रधातु तयार करण्याच्या कामी निकेल हा फार मोलाचा धातु आहे. १९ व्या शतकाच्या सुरुवातीस, रूप्याला पर्यायी

ठरेल व भोजनादी समयाच्या वेळी रूप्याच्या साहित्याची जागा घेईल अशा नव्या मिश्रधातूच्या शोधाची एक लाटच किंवा साथच धातुवैज्ञानिकात व रसायनशास्त्रज्ञात पसरली होती. असा मिश्रधातु जो कुणी विकसित करेल त्यास भरपूर बक्षिस मिळणार होते व या बक्षिसाच्या आशेनेही ही लाट उसळली होतीच. अशा वेळी त्याना चिन्यांचा पॅक्फाँग हा प्राचीन मिश्रधातु आठवला. आणि मग ज्या ज्या शास्त्रज्ञानी पॅक्फाँग पायाभूत धरून प्रयत्न केले त्यापैकी अनेकजण, तांबे-निकेलचे अगदी रूप्याप्रमाणे दिसणारे मिश्रधातु तयार करण्यात यशस्वी झाले. त्यापैकी एकाचे नाव "अर्जेंटन" ("रूप्यासारखा दिसणारा") असे होते तर दुसऱ्यास "न्यूसिल्बर" ("नवे रूपे") म्हटले गेले. त्यापाठोपाठ "मेलकिऑर" "अल्फेनिड्" आणि इतर प्रकारचे निकेल-सिल्व्हर अथवा जर्मन सिल्व्हर इत्यादी मिश्रधातु बाजारात आले.

थोड्याच अवधीत निकेलचे मिश्रधातु अतिशय लोकप्रिय झाले आणि त्याना एकसारखी मागणी येऊ लागली. पण पुढे १९१६ मध्ये या नव्या मिश्रधातूंपैकी न्यूसिल्बर याची फारच बदनामी झाली. कारण? ऑस्ट्रिया-हंगेरीचा फ्रान्सिस जोसेफ सम्राट एकाएकी आजारी पडला आणि मरण पावला. या सम्राटाजवळ न्यूसिल्बरमध्ये तयार केलेला भोजनपात्रांचा संपूर्ण संच होता, आणि तेच संशयाचे केंद्र बनले. त्याच्या वापरास अर्थातच बंदी घातली गेली. याबाबत अतिशय काळजीपूर्वक तपासणी केली गेली आणि त्यातून न्यूसिल्बर ऊर्फ नूतन रूपे निर्दोष ठरले. सम्राटाचा विचार करता, त्याचा मृत्यु काही अचानक किंवा अपमृत्यु ठरणारा नव्हता, तो होताच मुळी ८२ वर्षांचा.

निरनिराळ्या क्षेत्रात निकेलच्या मिश्रधातूना नवी द्वारे खुली होत गेली. त्यानी युद्धनौकांची सेवा बजाविली. पहिल्या महायुद्धाच्या काळात असे नजरेस आले की कित्येक युद्धनौका जरी युद्धावर पाठविण्यात आल्या नसल्या तरी दीर्घकालीन दुरुस्तीसाठी त्या गोदीत धाडणे भाग पडू लागले. याचे कारण म्हणजे समुद्राच्या पाण्याची विध्वंसक क्रिया. त्याच्या परिणामाखाली बोटीतील बाष्पकात तांबे-जस्त या मिश्रधातूच्या ज्या शीतक-नळ्या वापरलेल्या असत त्या अक्षरशः खाऊन टाकल्या जात. या नळ्यांसाठी अधिक योग्य प्रकारचा धातु ताबडतोब शोधणे अगत्याचे होते.

पण अशा साहित्याच्या शोधात संशोधक गुंतले असताना युद्ध संपले आणि ही समस्या तशीच अनुत्तरित राहिली. मग पुढे १९२६ मध्ये समुद्राच्या क्षारजलाचा दुष्परिणाम होणार नाही असा तांबे-निकेलयुक्त मिश्रधातु शोधण्यात आला. त्यानंतर तीन वर्षानी फ्रेंच नौदलातील जहाजांमध्ये या मिश्रधातूच्या नलिका बसविण्यात आल्या व त्यापाठोपाठ इतर देशातील नौदलानीही हेच उदाहरण गिरविले. आता जहाजावरील लोकाना खात्री असते की पूर्वी बदनाम ठरलेल्या या नलिका आता कोणत्याही प्रसंगी कधीच दगा देणार नाहीत. आज तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात निकेलयुक्त मिश्रधातूंचा व्यापक प्रमाणात वापर होत असून दैनंदिन उपयोग आणि दागदागिने व सजावटीचे क्षेत्र लक्षात घेतले तर त्यांची यादी सहज ३००० च्या वर जाईल!

उदाहरणार्थ, मोनेल नामक मिश्रधातु रासायनिक उद्योगक्षेत्रात आणि जहाजबांधणी क्षेत्रात फार महत्त्वाचा ठरला आहे. नायक्रोम या मिश्रधातूची वेटोळी विद्युत्साहित्यात आणि विद्युत् भट्ट्यात खासकरून वापरली जातात; तर न्यूसिल्बर अनेक उपकरणात व यंत्रात वापरलेले दिसेल. इन्व्हार या मिश्रधातूचा प्रसरणांक अतिशय कमी (० अंश ते ४० अंश से. पर्यंत तापविले तर या मिश्रधातूचे आकारमान फक्त एक-दशलक्षांशनेच वाढते) असल्यामुळे अत्यंत काटेकोर उपकरणे, मापके आणि प्रमाणके तयार करण्यासाठी त्याचा वापर होतो. जेथे जेथे काचेत धातु सीलबंद करण्याची जरूरी असते (उदा. विद्युत्दीप, इंजेक्शन देण्याचे उपकरण इ.) तेथे पूर्वी महागडे प्लॅटिनम वापरले जात असे, आज त्याची जागा प्लेटिनाईटने घेतली आहे. स्प्रिंगांसाठी, विशेषतः घड्याळातील स्प्रिंगा-

माठी एलिन्व्हार तर सर्वोत्तम ठरते. मिशिमा, अल्निको आणि अल्नी या मिश्रधातूंच्या अंगी उच्च दर्जाचे चुंबकीय गुणधर्म असतात. एका विशेष प्रकारच्या औष्णिक-यंत्रिक प्रक्रियेनंतर पर्मालॉय या मिश्रधातूच्या अंगी असाधारण चुंबकीय पारगम्यता ( चुंबकीय रेषांचे मार्गक्रमण होण्याची सहजता – विद्युत्प्रवाहाच्या वाहकतेसारखीच ) येते आणि अगदी कमी बलाच्या क्षेत्रातही त्यास चुंबकीय गुणधर्म प्राप्त करून देता येतात तसेच ते नष्टही करता येतात. दूरध्वनीच्या आणि रेडियो अभियांत्रिकेच्या क्षेत्रात त्याचा उपयोग होतो. क्रोमेल आणि ॲल्युमेल यांच्यापासून तापयुग्मे तयार केली जातात. टीयू-१०४ या विमानाची टर्बाइन-पाती निकेल हा प्रमुख घटक असणाऱ्या ( निकेलचे प्रमाण ७५ टक्क्यांपर्यंत ) मिश्रधातूपासून बनविण्यात आलेली आहेत.

निकोसी या नावाचा एक नवीन मिश्रधातु काही वर्षांपूर्वी विकसित करण्यात आला. त्यात वापरलेल्या तीन प्रकारच्या धातूंच्या आद्याक्षरापासून हे नाव तयार केले गेले. ९४ टक्के निकेल, ४ टक्के कोबाल्ट आणि २ टक्के सिलिकॉन हे त्याचे घटक आहेत. त्यावर घेतलेल्या चाचण्या असे दर्शवितात की पुढेमागे श्राव्यातीत ध्वनी निर्माण करणाऱ्या उपकरणांत तो महत्त्वाची कामगिरी बजावेल.

पण सर्वात मोठे कुतूहल जर कोणत्या मिश्रधातूत असेल तर ते निटिनॉल या निकेल-टायटॅनिअम ( निकेल ५५ टक्के ) मिश्रधातूमध्ये. वैज्ञानिक आणि व्यापारी अशा दोन्ही दृष्टिकोनातून त्याकडे साऱ्यांचेच लक्ष वेधले आहे. १९६० च्या आसपास तो अमेरिकेत तयार करण्यात आला, पण अगदी अलिकडेच त्याच्या अंगी असलेली खास "बुद्धिमत्ता" ध्यानात आली. तो बऱ्यापैकी हलक्या वजनाचा, ताकदवान, प्रमरणशील आणि गंजरोधक असून एक उत्तम मिश्रधातु याखेरीज त्याच्या बाबत दुसरे काहीच म्हणता येणार नाही. त्याच्या संशोधकानी त्यावरील आपले प्रयोग चालूच ठेवले आणि अचानक त्याचा एक अद्वितीय गुणधर्म दिसून आला, तो म्हणजे स्वतःचा भूतकाळ लक्षात ठेवण्याचा! या मिश्रधातूवर जे अनेक प्रयोग चालू होते, त्यापैकी एका प्रयोगाच्या वेळी ही गोष्ट ध्यानात आली. एका खास प्रक्रियेनंतर निटिनॉल तारेचे वेटोळे १५० अंश से. पर्यंत तापविले गेले आणि थंड करून एका टोकास वजन लावले गेले आणि ते लोंबते ठेवण्यात आले. साहजिकच वेटोळे ताणले जाऊन त्याची अगदी सरळ तार बनली. पण जेव्हा ही तार परत ९५ अंश से. तपमानापर्यंत तापविली त्यावेळी अगदी डोळ्यांसमोर चमत्कार घडला, तारेचे पुन्हा एकदा वेटोळ्यात रूपांतर झाले!

हा प्रयोग पुनःपुन्हा करून पाहिला गेला आणि

प्रत्येक वेळी तारेस गुंतागुंतीचा आकार दिला गेला, पण हा पूर्वीचा आकार तारेने चांगलाच स्मृतिबद्ध केला होता कारण अगदी तसाच आकार ती पुन्हा घेई. एका प्रयोगात "निटिनॉल" ही अक्षरेच तारेपासून तयार केली आणि ती तापविली गेली, थंड केली गेली – मागची सारी स्मृती जणू पुसून टाकण्यात आली. पण तरीसुद्धा, तीव्र विजेचा धक्का देता क्षणी सरळ तारेचे पुन्हा निटिनॉल या अक्षरात रूपांतर झाले!

या साऱ्या आविष्कारामागे कोणते कारण असावे याचे उत्तर अद्यापीही मिळालेले नाही पण या मिश्रधातूच्या भावी संभाव्य उपयोगांबाबत मात्र शेकडो सूचना केल्या गेल्या. यापैकी एक म्हणजे निटिनॉलच्या दोन्हीबाजूनी बोळविलेल्या खिळयात रूपांतर केल्याचे आढळते. ज्या यंत्रसामग्रीत किंवा सांगाड्याच्या बाबतीत फक्त बाहेरच्याच बाजूने काम करणे शक्य आहे तेथे या निटिनॉल खिळयांचा उपयोग होतो. प्रथम प्रमाणित असा दोन्ही बाजूस बोळविलेला म्हणजे डोकी असलेला खिळा तयार केला जातो व हा आकार मिश्रधातूस "ध्यानात" ठेवावा लागतो. नंतर खिळयाचे एक डोके एकसारखे किंवा सपाट करून त्यास उर्वरित दांड्यासारखाच आकार दिला जाते. असा एक डोक्याचा खिळा कमी तपमानात छिद्रातून आरपार सरकविला जातो. नंतर सपाट केलेला डोक्याचा भाग थोडासा तापविला जातो आणि काय आश्चर्य, त्याची स्मृती जागृत होते, डोक्याचा आकार ध्यानात येऊन या दुसऱ्या टोकाशी पूर्वीसारखे डोके तयार होते आणि जोडावयाचे इच्छित भाग अगदी पक्केपणे जोडले जातात.

अवकाश-संशोधनात गुंतलेल्या एका अमेरिकन उद्योगाने कृत्रिम उपग्रहात वापरण्यासाठी एक अँटेना निटिनॉलपासून तयार केली आहे. चेंडूप्रमाणे घट्ट गुंडाळून ती प्रथम उपग्रहातील खास जागेत ठेवली जाते व या आकारात तीस जागाही थोडीशीच पुरते. उपग्रह आवकाशात फिरू लागल्यानंतर सूर्याच्या उष्णतेने ती गरम होते आणि "लक्षात ठेवलेला" आकार तीस पुनरपि प्राप्त होतो.

ऑक्सिडिकरणापासून निकेलमुळे उत्कृष्ट संरक्षण तर मिळतेच शिवाय वस्तूना सौंदर्यपूर्ण सफाईदार हात मिळतो. घरगुती वापराच्या अनेक वस्तूना जे शोभिवन्त बाह्यांग प्राप्त झालेले दिसते ते केवळ निकेलच्या पातळ थरामुळेच.

थर देण्याचे साहित्य म्हणून निकेलचा जर प्रथम कुणी वापर केला असेल तर १८४२ मध्ये जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ बेदर याने. तो अयशस्वी ठरला पण दोष बेदरचा नव्हता. त्यावेळी मिळणाऱ्या निकेलमध्ये अशुद्ध द्रव्ये असत व त्यामुळे विद्युत्-विच्छेदनाद्वारे चढणाऱ्या निकेलच्या थरात व्यत्यय येत असे. पुढे पुढे विद्युतविच्छेदनजन्य धातुशास्त्र अतिशय प्रगत पावले. आज या पद्धतीने निकेलचा अत्यंत पातळ थर दिला जातो व लोखंडाचे वा इतर धातूचे गंजकारकतेपासून हमखास संरक्षण होते. यामुळे या धातूंची केवढी तरी बचत साधते.

खोटी नाणी बनविणाऱ्यांवरही निकेलने आपला धाक बसविला आहे. फ्रान्सच्या टांकसाळीत तयार केले जाणारे ५ फ्रँकचे नाणे काही साधेसुधे नसून ते एकप्रकारचे स्तरयुक्त सँडवीच आहे. त्याचा मधला भाग अ-चुंबकीय अशा जर्मन सिल्व्हरचा असून दोन्ही बाह्यांगे निकेलच्या स्तराची आहेत. नाणे टाकून जी यंत्रे वापरली जातात (उदा. दूरध्वनी, वजन करण्याची तसेच खाद्यपेये देणारी यंत्रे, इ.) त्यांच्या मालकाना आता काळजी करण्याची जरूरी नाही. या नव्या नाण्याच्या अंगी विशिष्ट विद्युत्चुंबकीय गुणधर्म असल्यामुळे त्यांच्या ऐवजी खोटी नाणी वापरताच येत नाहीत.

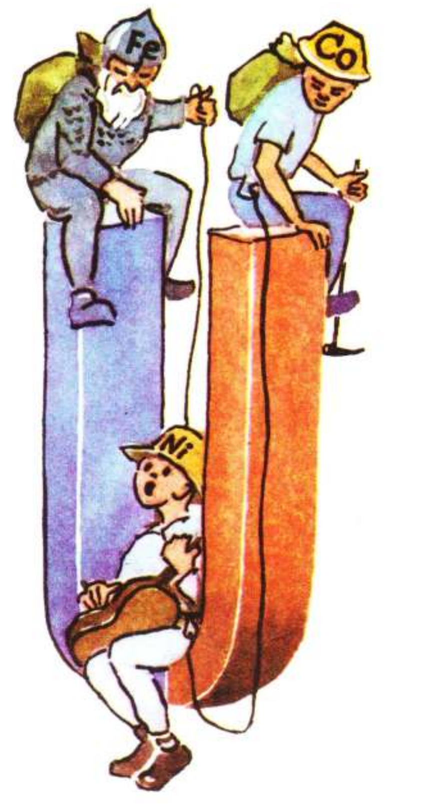
निकेलच्या उत्प्रेरक गुणधर्मांमध्ये शास्त्रज्ञानी फार पूर्वीपासून लक्ष घातले आहे. १८९० च्या काळात फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ सॅबॅटियर आणि सेंडरेन्स यानी द्रवरूप तेलांपासून घनरूप मेदद्रव्ये (उदा. आपण नेहमी वापरीत असलेले "वनस्पती तूप") तयार करण्याच्या प्रश्नात बराच रस घेतला होता. त्यानी असे दाखवून दिले की हे साधण्यासाठी तेलाचा रेणु निश्चित संख्येतील हायड्रोजन रेणूंशी

निबद्ध झाला पाहिजे. पण तात्त्विकदृष्ट्या एखादी गोष्ट सिद्ध करणे वेगळे व प्रत्यक्षात तसे घडवून आणणे वेगळे. या संशोधकानी प्रथम तेलामधून हायड्रोजन वायु नेला, पण वायूची व तेलाची रासायनिक प्रक्रिया झाली नाही. नंतर त्यानी निरनिराळे पदार्थ मिसळून पाहिले, पण व्यर्थ. अखेर जेव्हा निकेलच्या अतिसूक्ष्म चूर्णाचा उत्प्रेरक म्हणून वापर केला गेला तेव्हा कुठे ते यशस्वी झाले. अशा प्रकारे जे मेदद्रव्य (घट्ट तेल) तयार झाले त्याचा उपयोग मार्गारिनच्या उत्पादनार्थ केला गेला. (ग्रीक भाषेत मार्गारॉन म्हणजे मोती किंवा मोतिया रंगाचे असा अर्थ असून त्यावरूनच वरील नाव प्रचारात आले.)

निकेलच्या विविध संयुगांपैकी एक महत्त्वाचे संयुग निकेल ऑक्साइड हे असून त्याचा निकेल-लोहयुक्त विद्युत्घटांमध्ये वापर होतो. विद्युत्-प्रेरणा-शक्तीत ते शिशापेक्षा कमी दर्जाचे ठरत असले तरी शिशापेक्षा त्याचे अनेक फायदे मिळतात. ते वजनात हलके असते, ते अधिक काळ काम देते आणि हाताळण्यास सोपे जाते.

काही काळापूर्वी एका अमेरिकन-उद्योगाने निकेल-कॅडमिअमयुक्त तीन विद्युतघटांवर चालणारे दाढीचे फावडे तयार केले. लोकाना माहिती देणाऱ्या वृत्तसंस्थेद्वारा असे वृत्त प्रसारित झाले होते की चंद्रावर जाणाऱ्या अवकाशवीरासाठी हे दाढीचे यंत्र कितपट उपयुक्त ठरते हे नासा या संस्थेमार्फत अजमाविले जाईल.

बरीच वर्षे डॉक्टरमंडळी एका अधिहर्षक ऊर्फ ॲलर्जीच्या रोगापायी चांगलीच कोड्यात पडली होती. याबाबत मल्दाविया येथील एका अलिक-डच्याच संशोधनातून असे निष्पन्न झाले की श्वासन-लिकेशी संबंधित अशा दम्याने, कोटरदाहाने आणि परागज्वराने ग्रासलेल्या रोग्यांच्या रक्तात, निरोगी माणसाच्या रक्तापेक्षा कितीतरी अधिक प्रमाणात निकेल व शिसे आढळते. इतर मूलद्रव्यांची सूक्ष्म-प्रमाणे मात्र दोन्ही प्रकारात साधारणतः समानच असतात. हे अतिशय उल्लेखनीय संशोधन असून




त्यामुळे ॲलर्जीमुळे होणाऱ्या काही व्याधींचा कार्य-करण भाव समजण्यास, त्यांचे चट्कन निदान करण्यास आणि त्यावर अधिक परिणामकारक उपाययोजना करण्यास मोठीच मदत होईल.

आवर्ती सारणीत निकेलची जागा लोह व कोबाल्टनंतर आहे. या तिघांमध्ये अनेक गुणधर्म समान आढळत असल्यामुळे त्याना लोहत्रयी असे कधीकधी म्हटले जाते. काहीसा चमत्कारिक व कुतुहलजनक प्रकार असा की विज्ञानास आज जी १०४ मूलद्रव्ये ठाऊक आहेत त्यापैकी या लोह-त्रयींच्या अंगीच सर्वसाधारण परिस्थितीत लोह चुंबकत्व पहावयास मिळते. हा "पक्षपात" धातु-शास्त्रज्ञाना कमालीचा त्रासदायक ठरला आहे. या कारणामुळेच कोबाल्टपासून काय किंवा तांब्या-पासून काय, निकेल वेगळे करणे साधेसुधे तंत्र

मुळीच राहिले नसून उलट ते अत्यंत जटिल ठरले आहे. आणि निसर्गाने तर निकेल हे कोबाल्ट व तांब्याबरोबरच सापडले पाहिजे असा जणू नियमच घालून दिला आहे. ती वेगवेगळी करणे म्हणजे अनेक टप्पे अंतर्भूत असणारे असाधारण काम झाले आहे. यामुळेच तर व्यापारी धातूंमध्ये निकेल हे फार खर्चिक, महागडे व दुर्मिळ समजले जाते.

पृथ्वीच्या कवचात ०.००८ टक्के निकेल आहे. या प्रमाणावरून असे समजू नका की ते फारच थोडे आहे. या टक्केवारीनुसार एकूण निकेल $१०^{१६}$ टन भरते! कल्पना करा की या ग्रहावर सर्वत्र निकेलचा थर देण्याचे ठरले तर मग वरील साठा पुरेसा होईल काय? आकडेवारी असे सांगते ते केवळ पृथ्वीपुरतेच पुरेसे आहे असे नाही तर तशा २०००० ग्रहांसाठी ते पुरेसे होईल. वर आपण फक्त पृथ्वीच्या कवचातीलच (सुमारे १६ कि. मी. जाडीचे) प्रमाण पाहिले, पण त्याखाली जादा घनतेचे कितीतरी स्तर असून त्यातही भरपूर निकेल असावे असे शास्त्रज्ञाना ठामपणे वाटते.

एक मोठी मजेदार वाटणारी वस्तुस्थिती ही की खनिजाचा शोध घेण्यासाठी काही प्रसंगी भूस्तर-शास्त्रज्ञ कुत्र्यांचा वापर करतात. सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीची कॅरेलिया येथे जी शाखा आहे तेथील भूगर्भशास्त्र विज्ञान संस्थेचा आणि खनिज-शास्त्रीय संस्थेचा कर्मचारीवर्ग संयुक्तपणे अशा खनि-जशोधक प्राण्याना शिक्षण देत आहेत. शिप् डॉग जातीचे दोन तसेच फॉक्स-टेरियर व स्पॅनिएल जातींचे प्रत्येकी एक कुत्रे, एखाद्या संवेदनशील उपकरणाप्रमाणे कित्येक मीटर खोल असणारी अनेक प्रकारची खनिजे – त्यात निकेलही आलेच – शोधून काढण्यात यशस्वी ठरली आहेत. आज झिउस, इरबिट, डिक आणि पायरेट या नावाने ओळखली जाणारी कुत्री व त्यांचे इतर अनेक सहकारी भूस्तरशास्त्रीय संशोधकांच्या गटात ठेवली गेली आहेत. कुठे नेमके खणावे हे ठरविण्यासाठी त्यांची मदत होते.

सोविएत भूस्तरशास्त्रज्ञांचा हा अनुभव कॅनडाने उचलला. तेथे व्हॅंकूव्हरच्या पोलिसखात्यातील तीन कुत्रे निवडले गेले व त्याना खनिजशोधाचे शिक्षण देण्यात आले. खनिज-संशोधनाच्या पहिल्याच टप्प्यात, तज्ज्ञ भूस्तरशास्त्रज्ञांच्या देखरेखीखाली या कुत्र्यांनी निकेल व तांब्याचे मोठ्या भरवशाचे अनेक साठे शोधून काढले.

भांडवलशाही देशांमध्ये कॅनडा हा देश निकेल खनिजाच्या उत्पादनक्षेत्रात आघाडीवर आहे. कित्येक वर्षांपूर्वी ज्या लेक ओंटॅरिओ सरोवराच्या आसपास कॅनडातील अत्यंत संपन्न खनिजसाठे सामावलेले आहेत तेथे खनिजसंपादनार्थ फार मोठा स्फोट घडवून आणला गेला. त्याची तयारी एक वर्षभर चालू होती. खनिज-खडकांमध्ये सुरूंगाची दारू ठासण्यासाठी १७००० भोके पाडण्यात आली. त्यांची एकूण लांबी काही डझन कि. मी. भरेल. या भोकांमध्ये जी दारू भरली गेली ती तीस रेल्वे मालगाड्याएवढी ठरली. कॅनडाच्या वृत्तप-त्रांच्या भाषेत सांगावयाचे झाल्यास "या भल्या प्रचंड स्फोटामुळे पाच लाख टन खडक आणि पस्तीस लाख टन निकेल-खनिज हवेत भिरकाविले गेले!" अगदी अलिकडेच निकेलखनिजाचे विस्तृत साठे लेक मॅनिटोबा या सरोवराच्या आसपास दृष्टोत्पत्तीस आलेच आहेत. एका कृत्रिम उपग्रहावर

जी खनिजनिर्देशक उपकरणे बसविली होती त्यांच्या साहाय्याने हा शोध घेतला गेला.

१९६९ च्या अखेरीस, ऑस्ट्रेलियाच्या वालुकामय किनारी प्रदेशाच्या पॉसिडॉन विभागात जे निकेल-खनिजाचे साठे आढळले त्यानी लंडनच्या शेअर-बाजारात प्रचंड खळबळ उडवली. भागभांडवलाचे ऊर्फ शेअरचे भाव एकदा प्रचंड वाढत तर दुसऱ्याक्षणी धडाधड कोसळत. पॉसिडॉन भागधारकांची एक संस्था स्थापन करण्यात आली. तेथील भूस्तरशास्त्रीय पाहणीच्या निष्कर्षाचे वृत्त लागोलाग लंडनमध्ये प्रसृत होई. प्रथम निकेलचा बऱ्यापैकी अंश या वाळूंमध्ये असल्याचे वृत्त आले आणि शेअरचे भाव त्यानुसार लगेच चढले. पुढे हे वृत्त नाकारले गेले व दशमचिन्ह एक घर पुढे चुकून सरकल्यामुळे निकेलचे प्रमाण दसपट वाढविले गेले असा खुलासा करण्यात आला. झाले. शेअरचे भाव लगेच कोसळले, एवढे की ते फुकट वाटण्याची वेळ आली. मग परत वृत्त आले की पूर्वीचीच बातमी खरी आहे आणि निकेलचे खरोखरीच उच्च प्रमाण आहे. परत शेअरचे भाव आकाशास भिडले. हा सारा खेळ कुणीतरी बुद्धिपुरस्सरच केला असावा व त्यातून त्याने स्वतःचा खिसा व्यवस्थित भरला असावा. आज निकेलचा व्यापारी केंद्रबिंदू ऑस्ट्रेलियात सरकला असून खनिकर्म करणारे अनेक उद्योग तेथील खनिजाच्या जागांसाठी स्पर्धा करीत आहेत. या पृथ्वीवर निकेल इतर मूलद्रव्यांसह आढळते खरे, पण इतर आकाशस्थ वस्तूंवर (ग्रह-लघूग्रहादी) मात्र ते शुद्ध स्वरूपात आढळत असावे असा कयास आहे. जर तशी एखादी वस्तु हस्तगत करता आलीच तर त्यावर निकेल-८० हा समस्थानिय प्रकार असण्याचीच शक्यता अधिक वाटते. (इथे पृथ्वीवर हा समस्थानिय प्रकार, पाच हलक्या समस्थानियांच्या रूपात आढळतो.) पृथ्वीवर निकेलची घनता ८.९ ग्रॅम/घन सें. मी. अशी आढळते, पण जेथे वस्तुमात्राची घनता आत्यंतिक स्वरूपाची असते अशा ताऱ्यावर (उदा. श्वेत लघुतम तारे) एका घन सें. मी. निकेलचे वजन काही टन भरते. एक नवलाची वस्तुस्थिती अशी की या विश्वाची घनता दर घन सें. मी. ला $10^{-29}$ ग्रॅम आहे. तशीच ती पृथ्वीचीही असती तर या पृथ्वीचे वजन अवघे १० मिलिग्रॅम भरले असते!

"अवकाशातील निकेल" या पृथ्वीवर भरपूर प्रमाणात येते. सोविएत शास्त्रज्ञांच्या मतानुसार,

दरवर्षी समुद्रांच्या प्रत्येक कि. मी. भागावर २५० ग्रॅम निकेल, उल्कापाषाणांच्या रूपाने पडते. क्षणभर असेच वाटेल की हे फारच क्षुल्लक प्रमाण आहे. पण समुद्र कितीतरी जुना आहे, केवढा तरी विस्तृत आहे. त्यामुळे त्याची खनिजविषयक बचतही तेवढीच मोठी असणार यात तिळमात्र शंका नाही. कृत्रिम उपग्रहांमार्फत मिळालेला अगदी ताजा अहवाल असे सांगतो की पृथ्वीच्या वातावरणात दहा लाख टनांपेक्षा जास्त आंतरग्रहीय धूळ शोषिली जाते (विशेषत: जेव्हा जेव्हा उल्कावर्षाव होतो तेव्हा हे प्रमाण शेकडो पटींनी वाढते हे लक्षात घ्या). या धुळीतील निकेलचे प्रमाण चांगलेच उच्च प्रतीचे असते असे निष्पन्न झालेच आहे.

पृथ्वीवरील निकेलच्या साठ्यात भर घालण्यासाठी अवकाशस्थ वस्तुपासून ते मिळविण्याची एक मोठी नामी कल्पना किंवा प्रकल्प संबंधितांच्या मनात आहे. आपणास माहीतच आहे की हजारो लघुग्रह आंतरग्रहीय जागेतून फिरत आहेत. त्यांची जडणघडण प्रामुख्याने निकेल व लोहाची मिळून झालेली आहे. फिरता फिरता त्यापैकी काही पृथ्वीच्या खूपच नजिक येतात. असा जवळ येणारा एखादा लघुग्रह अग्निबाण-तंत्राच्या मदतीने पृथ्वीच्या अगदी जवळून नेहमीसाठी फिरता करता येईल असे शास्त्रज्ञाना वाटते. मग त्यावरील निकेल व लोखंड मिळविता येईल. अशा एका योजनेनुसार कल्पना केली गेली आहे की या लघुग्रहावर स्वयंचलित उपकरणे पाठवावयाची व त्यांच्यामार्फत सौरभट्ट्यांच्या साहाय्याने खनिजापासून धातु मिळवावयाचा व त्यांचे ठोकळे पृथ्वीकडे पाठवावयाचे. अग्निबाणांच्या साहाय्याने हे ठोकळे (प्रत्येक ठोकळा लक्षावधी टन वजनाचा असेल) ग्रहाच्या भोवती फिरणाऱ्या मार्गावर न्यावयाचे, ते मार्गस्थ असताना त्यात वायू भरून सच्छिद्र स्वरूप द्यावयाचे व पृथ्वीवर ते समुद्रात टाकावयाचे. ठोकळे सच्छिद्र असल्यामुळे समुद्रात ते तरंगत राहतील. पुढे ते जहाजांमार्फत किनारीप्रदेशी असणाऱ्या धातुशास्त्रीय कारखान्यांकडे पुढील कामासाठी पोहचविले जातील. असा अंदाज आहे की लघुग्रहावरील एक घन-किलोमीटर साहित्य, निकेलच्या खपाची आजची गती लक्षात घेता, पुढील १२५० वर्षांची गरज भागवेल.

फारच धाडसी, अतर्क्य योजना वाटते खरी, पण लक्षात घ्या की काही दशकांपूर्वी मानवाने चंद्रावर पदार्पण करण्याची कल्पना अशक्य कोटीतील निव्वळ कल्पनाविलास वाटत होताच ना? तसे समजणाऱ्यात काही शास्त्रज्ञही होते हे पण लक्षात घेणे जरूरी आहेच.

ज्या धातूस पर्वतातील सैतान समजले गेले त्याची कथा ही अशी आहे. कोण जाणे, पुढे अशीही वेळ येईल की त्यास दयाळू देवदूतही म्हटले जाईल. पण शेवटी नाव थोडेच महत्त्वाचे असते? जोपर्यंत मानवाचे कल्याण करण्यात एखादा धातु गुंतलेला आहे तोपर्यंत तो कोणत्याही नावाने ओळखला गेला तरी काय बिघडणार आहे?

# १२. अतिप्राचीन व नामांकित धातु

प्राचीन उरालमधील खजिना – सिनॅन्थ्रोपसांकडून मिळालेला वारसा – वैभवशाली सात – अश्मयुगाची निवृत्ती – खुफूचा भव्य पिरॅमिड – स्त्रियांसाठी योग्य भेट – किमयागार धर्मगुरू – "व्रण" बरे करण्याचे मंत्र – ॲचिलसची अजिंक्य ढाल – जगातील आश्चर्याचे मोडीत रूपांतर! – डोक्यातील मदिरा-गृह – बकरीच्या दुधाचे चीज – डोळ्यांखाली रंगविलेली वर्तुळे – तोफांचे गुदाम – सेंट बॅसिलच्या चर्चचे घुमट – नशिबवान ठरलेली व्यापारी सहल – चर्चच्या घंटा हिरावून घेतल्या – डोकेबाज चाल – "तांब्याचे बंड" – एक विचित्र लिलाव – संपृक्त तांब्याची चलाखी – निळे रक्त? – कार्प माशांचे रक्षण केले पाहिजे – शार्क माशाना मारक – वामनमूर्ती राक्षसांचे काम – वनस्पतीना धातूंची आसक्ती.

उराल पर्वताच्या घनदाट प्रदेशात खनिजांचा अमर्यादित साठा खडकांखाली दडलेला असून अप्रतिम सौंदर्याने लखलखणारे मौल्यवान खडेही त्यात ठिक-ठिकाणी आढळतात. पण त्यापैकी मॅलाचाइट नामक मौल्यवान खडयाचे ठळक उल्लेख रशियन दंतकथात व लोककथात जेवढे आढळतात तेवढे इतर कोणत्याच खडयांबाबत नाहीत. रशियन लेखक बाझोव याने आपल्या "उरालच्या कथा" या पुस्तकात त्यांचे गुणगान केले आहे. या फिक्यागडद रेषांच्या हिरव्या खडयाना तज्ज्ञ कारागिरांमार्फत एवढया कौशल्याने पैलू पाडले जातात की ते अद्वितीय सौंदर्याने तळपू लागतात. स्थानिक आणि परदेशी व्यापाऱ्यांमार्फत ते रशियाबाहेर केव्हापासून पाठविले जात होते ते काळच सांगू शकेल.

बहुधा अनेकाना ठाऊकही नसेल की मॅलाचाइट हे एक तांब्याचे खनिज आहे. मानवी संस्कृतीचा सारा इतिहास या धातूने व्यापलेला दिसेल.

मागे लोखंडाविषयी प्रकरणात ॲकॅडेमिशिअन फर्समान यांच्या शब्दात सांगितलेले प्राणिमात्रांच्या बाबतीत असलेले लोखंडाचे महत्त्वपूर्ण स्थान व त्याच्या आभावी होणारा सर्वनाश तुमच्या ध्यानात असेलच. पण जर लोखंडाऐवजी उद्या तांबे या पृथ्वीतलावरून नाहीसे झाले तर? या महत्त्वाच्या आणि अतिपरिचित धातूवाचून आपली स्थिती काय होईल?

आकारमानानुसार होणाऱ्या जागतिक उत्पादनात व खपात तांब्याचा तिसरा क्रम लागतो, त्या आधी फक्त लोह व ॲल्युमिनिअमच काय ते वर आहे. आज मात्र जरी तांबे नष्ट झाले तरी फारसे कठीण जाणार नाही, कारण आज विविध गुण-धर्मांचे व वैशिष्टयांचे अनेक धातु उपलब्ध आहेत. मात्र, पूर्वी गुहेत राहणाऱ्या माणसांचे जीवन तांब्या-आभावी अशक्यच झाले असते. त्यांच्या साध्या-सुध्या हत्यारांची, अवजरांची व इतर साधन-सामग्रीची मदार, जवळजवळ एकूलत्या एक अशा तांब्यावरच होती. हे खरे की या साऱ्यासाठी दगडाचा वापर शक्य होता व काही प्रमाणात तसा होतही होता, पण त्यानाही त्यावेळी पक्के ठाऊक होते की धातूंच्या मानाने दगडाचा वापर अगदी कुचकामी ठरतो. ज्या दगडी हत्यारांचा वारसा त्यानी आपल्या सिनँथ्रोपस व निॲंडरथल पूर्वजांपासून उचलला तो किती निरूपयोगी आहे हे पण त्यानी त्या काळीच ओळखले होते.

सोने, रूपे, लोह, कथील, शिसे आणि पारा यासह तांबे हे धातूंमध्ये वैभवशाली सप्तक ठरले होते आणि ही वस्तुस्थिती अगदी प्राचीन काळापा-सून ध्यानात आली होती. तज्ज्ञानी असे सूचीत केले आहे की तांब्याचा परिचय दहा हजार वर्षां-एवढा जुना असावा. यापैकी दोन ते तीन हजार वर्षांचा (इतिहासाच्या दृष्टीने तो फारच अल्पसा म्हटला पाहिजे) परिचय केवळ परिचय सांगण्या-पुरता म्हटला पाहिजे. पुढे मात्र माणसाच्या जीव-नाचा तांबे हा एक अविभाज्य घटक बनत गेला, एवढा की दगडाचा वापर व पर्यायाने अश्मयुग कालाच्या पडद्याआड गेले आणि ब्रॉंझ युगास सुरुवात झाली.

पण एक प्रश्न साहजिकच उद्‌भवतो की तांब्या-ऐवजी दुसरा कोणता तरी धातु माणसाने का स्वीकारला नाही? मानवी विकासात एवढी निर्णा-यक भूमिका बजाविण्यासाठी त्याचीच का बरे निवड व्हावी?

याचे एक कारण असे सांगता येईल की वरील सप्तधातूंपैकी निसर्गात फक्त सोने, रूपे व तांबेच काय ते धातुरूपात सापडते. ते लहानमोठ्या लगडीच्या स्वरूपात आढळत असून आतापावेतो सापडलेली सर्वात मोठी तांब्याची लगड वजनात ४२० टन भरली. सोने आणि रूपे यांचा विचार करता आपल्या पूर्वजाना ते फारच क्वचित आढळे, म्हणून ते विस्तृत स्वरूपात वापरणे शक्यच नव्हते. त्यामानाने धातुरूप तांबे अधिक प्रमाणात ठिकठि-काणी सापडत असे. तसेच त्यास ठोकून आकार देणे आणि त्यावर इतर कामे करणे खूपच सोपे जात असे. यामुळे निरनिराळ्या कामासाठी तांब्याचा वापर वाढतच गेला.

खि. पू. तृतिय सहस्रवर्षकालात जगातील सात आश्चर्यांपैकी एकाचा जन्म पहावयास मिळाला. इजिप्तमधील खुफू येथे विशाल पिरॅमिडच्या (ग्रीक चिऑप्स) उभारणीचे ते काम होते. फाराहच्या थडग्याचे हे प्रचंड बांधकाम २३००००० दगडी ठोकळयांच्या मदतीने उभारले गेले. प्रत्येकी २.५ टन वजनाचे हे ठोकळे तांब्याच्या हत्यारानीच घडविलेले आहेत.

हळूहळू खनिजापासून तांबे कसे मिळवावयाचे याचे ज्ञान लोकाना होत गेले. सायप्रस बेटावरील ताम्रखनिजांच्या खाणी विशेष प्रसिद्ध पावल्या. लॅटिन भाषेतील क्यूप्रम या शब्दावरून सायप्रस नाव पडले असावे असा एक अंदाज आहे. काही भाषातज्ज्ञांच्या मते, रशियन भाषेत जो "मेद" हा शब्द आढळतो तो "स्मिडा" या शब्दावरून तयार झालेला आहे. रशियाच्या युरोपीय भागातील प्राचीन टोळयांमध्ये हा शब्द धातु या अर्थी प्रचलित होता.

तांब्याच्या इतिहासातील पुढील महत्त्वाचा टप्पा

ब्राँझ ऊर्फ कासे या तांबे-जस्ताच्या मिश्रधातूचा आहे. ताम्र-युगाच्या पाठोपाठ आलेल्या या ब्राँझने जागतिक संस्कृतीच्या विकासाचे एक संपूर्ण युग व्यापल्याचे दिसते. तथापि, दीर्घकालापर्यंत ब्राँझचा वापर केवळ सजावट आणि ऐषआरामाच्या वा विलासी माहित्यासाठी केला गेला. प्राचीन इजि-प्शियनाना जाहिरातीचे महत्त्व ठाऊक असते तर पापिरस चिन्हातील जाहिराती ठिकठिकाणी लावून ब्राँझचे आरसे ही स्त्रियांसाठी कशी अनुरूप भेट आहे हे त्यावेळच्या जवाहिऱ्यानी खचितच सांगितले असते.

इटलीच्या अॅड्रिअॅटिक समुद्रकिनारी ब्रिंडिसी नामक बंदर ब्राँझ-वस्तूंच्या व्यापारासाठी फार प्रसिद्ध होते व त्यावरूनच ब्राँझ शब्द प्रचारात आला. लॅटिन भाषेतील "अेस ब्रंडूसिअम" शब्दाचे पुढे "ब्राँझ" शब्दात रूपांतर झाले.

विज्ञानाच्या इतिहासात इजिप्शिअन धर्मगुरू हे पहिले किमयागार आहेत असे म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. थिबिस येथील प्राचीन थडग्याचे उत्खनन केले असता त्यामध्ये जी हस्तलिखिते आढळली त्यात तांब्यापासून सोने कसे तयार करावे याचे रहस्य सांगितलेले आहे. नसे सोने तयार

करण्यास तांब्यात जस्त मिसळणे पुरेसे ठरते. (हा मिश्रधातु खरे पाहता पितळ असून तो अगदी सोन्यासारखाच दिसतो). पण दुर्दैवाची गोष्ट अशी की त्यास लवकरच हिरव्या रंगाचे "व्रण" आणि बुरा येत असे. (पितळेचे ऑक्सिडिकरण होते, सोन्याबाबत तसे घडत नाही). पितळेची ही व्याधी दूर करण्यासाठी श्रद्धेने प्रार्थना करणे व योग्य मंत्र ठाऊक असणे जरूरीचे आहे अशी धर्मगुरूंची खात्री होती.

तांबे आणि कासे केवळ इजिप्शियन लोकाना ठाऊक होते असे नसून भारतीय, असिरियन, रोमन आणि ग्रीक लोकानाही त्याची माहिती होती. होमरच्या इलियड या महाकाव्यात असे वर्णिले आहे की अग्नी आणि धातु यांचा देव हेफॅएस्टस हा ट्रोजन युद्धातील ॲचिलस नामक नायकासाठी तांब्याची ढाल तयार करतो.

अगदी भूतकाळापासून मूर्तीकार व कोरीव काम करणाऱ्या कलाकारांचे लक्ष तांब्याने व ब्राँझने वेधून घेतलेले आढळते. ब्राँझचे पुतळे कसे ओतावेत याचे ज्ञान त्यानी आत्मसात केले होते व काही पुतळे तर प्रचंड आकारात ओतले जात. ही कामे ख्रि. पू. अगदी पाचव्या शतकापासून चालत आली आहेत. याचे एक उदाहरण म्हणजे एजियन समुद्रातील ऱ्होड्स या प्राचीन बेटावर ख्रि. पू. तिसऱ्या शतकात उभारलेला भव्य पुतळा. अपोलो देवतेचा तो ब्राँझमधील पुतळा असून (पुढे तो सूर्य-देव हेलिऑसच्या नावाने ओळखला गेला) त्याची उंची ३२ मी. (१०० फूट) आहे. खुफूच्या प्रचंड पिरॅमिडसह हा पुतळा म्हणजे जगातील सात आश्चर्यांपैकी दोन आश्चर्ये समजली जातात. असे म्हटले जाते की ऱ्होड्सच्या अंतर्भागातील बंदर त्याच्या दृष्टिपथाखाली असून अगदी मोठ्यातले मोठे जहाजसुद्धा त्याच्या खालून जाऊ शकते. दुर्दैवाने ही विशाल कलाकृती पन्नासएक वर्षेच अस्तित्वात राहिली, कारण भूकंपामुळे त्याची मोडतोड झाली व पुढे सिरियन लोकानी मोडीच्या भावात ही कलाकृती विकून टाकली. सध्या असे प्रसृत झाले आहे की ऱ्होड्सचे अधिकारी, अधिक पर्यटक खेचण्यासाठी या पुतळ्याची पुनर्स्थापना करणार असून त्याच्या डोक्यात एक मद्यगृह उभारले जाईल. पुतळ्याची ही पुनर्निर्मिती ॲल्युमिनिअममध्ये असेल.

ब्राँझच्या ओतकामात जपानी कारागीरांचे कौशल्य अजोड ठरले होते. तोडाईइझी मंदिरातील बुद्धाचा अतिभव्य पुतळा १८ व्या शतकातील असून त्याचे वजन ४०० टनांपेक्षा जास्त आहे. अशी भव्य कलाकृती, अद्वितीय कलाकौशल्याच्या आभावी निर्माण होणे अशक्यच!

कित्येक शतकांपूर्वी ओतलेले निरनिराळे पुतळे अनेक देशात आजतागायत पहावयास मिळतात. मार्कस ऑरेलियस, थाळीफेक करणारा खेळाडू, स्लीपिंग सटायर आणि इतर कलाकृती हे दर्शवितात की प्राचीन कलाक्षेत्रात ब्राँझचे केवढे महत्त्व होते.

पण पुरातनकाली केवळ तांबे किंवा त्याचे मिश्रधातूच ठाऊक होते असे नव्हे तर त्याची काही रासायनिक संयुगेही लोकाना माहीत झाली होती. सर हंफ्री डेव्ही या इंग्रज शास्त्रज्ञाने काही जुनी भित्तीचित्रे जेव्हा तपासली तेव्हा त्याला आढळून आले की त्यामध्ये वापरला गेलेला हिरवा रंग म्हणजे कॉपर ॲसेटेट आहे. पूर्वीच्या काळी, रशियात या रंगास "यार-मेड्याका" (व्हर्डिग्रिस ऊर्फ कळंक किंवा हिरवा गंज) असे म्हणत व तो तयार करण्याची "पाकक्रिया" पुढीलप्रमाणे होती: "मेंढीच्या दुधापासून बनविलेले चीज एका तांब्याच्या भांड्यात घेऊन त्यात तांब्याचे तुकडे टाकले जात. भांड्यावर तांब्याचे झाकण ठेवून तिंबलेल्या कणकेने ते सीलबंद केले जाई व मग भांडे दोन आठवडे चुलीवर ठेवले जात असे." अगदी सोपी रीत आहे की नाही? हा व्हर्डिग्रीस नामक हिरवा रंग म्हणजेच कळकण्यातून तयार होणारा हिरवा गंज रोमन सम्राट टायटस याच्या थर्म्समधील भिंतीतही आढळला असून पाम्पेईच्या भित्तिचित्रात पण तो वापरला गेलेला आहे.

ॲलेक्झांड्रियाच्या व्यापाऱ्यांमार्फत जे साहित्य

विकले जाई, त्यामध्ये तांब्याच्या हिरव्या रंगास फार मागणी असे. त्या काळातील स्त्रिया या रंगाने डोळ्याखाली हिरवी वर्तुळे रंगवित असत. पण इतिहासाची पुनरावृत्ती होते असे म्हणतात ते काही खोटे नाही. आज स्त्रियांच्या सौंदर्यसाधनेचा हा रंग एक प्रमुख भाग बनला आहे.

आज जो प्रदेश सोविएत संघ म्हणून ओळखला जातो तेथे आपल्या काळाच्या २००० वर्षांपूर्वी तांब्याच्या खाणी अस्तित्वात आल्या. ट्रान्सकॉकेशिया, सैबेरिया आणि अल्ताई येथे खनिकर्म केले असता त्या जागी, खि. पू. ८ व्या–६ व्या शतकातील जी सामग्री सापडली त्यात तांब्याचे चाकू व सुरे, ब्राँझची शिरस्त्राणे आणि इतर प्रकारच्या अनेक वस्तु मिळाल्या. परंतु तांब्याच्या औद्योगिक उत्पादनाचे पद्धतशीर प्रयत्न ८ व्या शतकाच्या सुरुवातीपासूनच सुरू झाले. आजच्या आर्खांगल भागातील म्हणजेच रशियातील पूर्वीच्या युरोपीय भागातील सिल्मा नदीच्या किनारी तांब्याचे खनिज सापडले आणि या प्रयत्नाना सुरुवात झाली.

१६ व्या शतकाच्या सुरुवातीस "कॅनन हाऊस" आणि "कॅनन यार्ड" या तोफांच्या कारखान्यांमार्फत ब्राँझच्या विविध आकारातील तोफा ओतल्या जातच होत्या. तोफांचे ओतकाम करणारे रशियन कारागिर खरोखरीच मोठे तज्ज्ञ लोक होते. १५८६ मध्ये अंद्रेई चाखोव याने ब्रॉझमध्ये ओतलेली ४० टनी "झारची तोफ" हे आजही एक उत्कृष्ट दर्जाचे काम समजले जाते. दुसरे असेच एक दर्जेदार उदाहरण म्हणजे मतेरिन या पितापुत्रानी ओतलेली व झारच्या नावाने ओळखली जाणारी २०० टनांपेक्षाही जास्त वजनाची घंटा. १७३५ मध्ये महान इवानच्या कळसावर उभारलेल्या घंटागृहात टांगण्यासाठी ती ओतली गेली. तीसाठी लागणारे ब्राँझ वितळविण्यासाठी जी भट्टी (क्युपोला) बांधली गेली ती सोन्याचे पाणी दिलेल्या तांब्याच्या पत्र्यानी मढविण्यात आलेली होती. जुन्या रशियातील मॉस्को येथील क्रेमलिनमधील ॲर्मिशन कॅथेड्रल नामक मुख्य खिस्तालयातील दक्षिण दरवा-

जावरही तांब्याच्या पत्र्यांचे आवरण दिलेले आहे. जेव्हा सेंट बॅसिलच्या ख्रिस्तालयाची पुनर्रचना करण्याचे काम चालू झाले तेव्हा पूर्वीच्या लोखंडी भट्टचा तांब्याच्या करण्याचे ठरले. या वेळेपावेतो मॉस्कोच्या वातावरणात (सूक्ष्मजलवायुमानात) चांगलाच बदल झाला होता व त्यामुळे पूर्वीच्या लोखंडी भट्टचा पार गंजून गेल्या होत्या.

तांब्याची रशियास नेहमीच चणचण भासे आणि त्याच्या खनिजाचा शोध घेणे सतत चालूच होते. सतराव्या शतकाच्या मध्यास सेम्योन गाव्रिलोव या व्यापाऱ्यास "तांब्याच्या खनिजाचा मागोवा घेण्यासाठी" ओलोनेट्स उयेज्द येथे पाठविण्यात आले होते. त्यावेळेचा (१६७३ साली) मिळालेला एक कागद असे सांगतो की ओलोनेट्सच्या राज्य-पालास खाणीपासून कारखान्यापर्यंतचा दीड व्हर्स्ट लांबीचा (०.९९ मैल) रस्ता मोकळा करण्यास सांगितले गेले होते. त्यापूर्वी १६५२ मध्ये कझान-च्या राज्यपालाने झारला कळविले होते की या भागात ताम्रखनिज मोठ्या प्रमाणात सापडले असून एका कारखान्याची उभारणी केली जात आहे.

पण तरीही तांब्याचा पुरवठा काही पुरेसा नव्हता. पुढे जेव्हा स्वीडनशी १७००-१७२१ चे युद्ध सुरू झाले त्यावेळी अपुरा पुरवठा फारच जाणवू लागला. (एक अविश्वसनीय वस्तुस्थिती ही की ज्या स्वीडनशी युद्ध चालू होते त्याकडून संपूर्ण युद्ध कालात रशिया तांबे व लोखंड खरेदी करत होता!)

नार्वाच्या लढाईत स्वीडनने रशियाचा पराभव केला आणि युद्ध जिंकावयाचे असेल तर प्रबळ तोफखाना हवा हे १ ल्या पीटरने ओळखले. त्यासाठी जरूर तेवढ्या तांब्याची कमतरता भरून काढण्यासाठी चर्चमधल्या ब्राँझच्या साऱ्या घंटा व इतर वस्तु वितळविण्याचा त्याने हुकूम सोडला आणि कुणाच्याही विरोधास न जुमानता ते सारे ब्राँझ तोफा ओतण्यासाठी वापरले.

पल्तावाच्या लढाईने पीटरचा दूरदर्शीपणा सिद्ध झाला. स्वीडनच्या सैन्यात फक्त चार तोफा होत्या आणि ७२ तोफानी सज्ज असलेल्या रशियन सैन्याने त्यांचा पराभव केला. स्वीडनच्या पराभवाने रशिया-च्या राष्ट्रीय अर्थव्यवस्थेस विकासाच्या दिशेने गती मिळण्यास अप्रत्यक्ष मदतच झाली.

पल्तावाच्या विजयानंतर पीटरने सुधारणेचे आणखी एक क्रांतिकारक पाऊल उचलले. त्याने तांब्याची नाणी पाडण्याचा निर्णय घेतला. देशांतर्गत व्यापार वेगाने वाढत होता व त्यासाठी जरूर असणाऱ्या पैशांसाठी (नाण्यांसाठी) स्वस्त साहित्य वापरणे अगत्याचे होते. त्यामुळे वाचणारे रूपे परकीय चलनव्यवहारासाठी वापरता येणार होते. यामुळे ब्राँझच्या घंटाना पुन्हा एकदा स्वार्थत्याग करावा लागला.

१७६३ मध्ये अल्ताई विभागातल्या कोलिवन येथे नवी टांकसाळ सुरू झाली व तीमधून एक, पाच, दहा कोपेकची नाणी बाहेर पडू लागली. या नव्या नाण्यांच्या कडेवर "सायबेरिअन नाणे" अशी अक्षरे मुद्रित करण्यात आलेली होती. जवळ-जवळ ४० लाख रूबल किंमतीची नाणी १७८१ पावेतो पाडली गेली.

पुढील वर्षांमध्ये खनिजापासून तांबे मिळविण्याचे काम सतत वाढत गेले. उराल आणि अल्ताई भागात अनेक कारखाने उभारले गेले. १९ व्या शतकाच्या अखेरी अखेरीस कॉकेशस आणि कझा-खस्तानातही तांब्याचे उत्पादन सुरू झाले.

साधारणतः याच सुमारास अति उत्तरेकडे (पूर्वी-च्या येनेसी प्रांतात) तांब्याचे धातुशास्त्रीय तंत्र विकसित होण्यास सुरूवात झाली. १९१९ मध्ये सुप्रसिद्ध भूस्तरशास्त्रज्ञ निकोलाय उर्वान्त्सेव यास दुदिंका भागात तांबे तयार करण्याची एक भट्टी आढळली. ही भट्टी १८७२ मध्ये उभारली गेल्याचे सिद्ध झाले आणि तिच्या बांधकामापूर्वी वैशिष्ट्यपूर्ण घटना घडून आल्या.

तायमीरमध्ये ताम्रखनिज उपलब्ध आहे हे फार काळापासून माहीत होते पण भट्टीच्या उभारणी-साठी ज्या विटा लागत त्याना जबर किंमत द्यावी लागत असल्यामुळे तांब्याचा कारखाना उभारण्याचे

काम लांबणीवर पडत होते. अखेर १८६३ मध्ये किप्रियन सात्निकव नामक व्यापाऱ्याने एक धूर्त डाव टाकला. दुदिंका गावात एक लाकडी ख्रिस्त-मंदीर स्वखर्चाने उभारण्याची त्याने राज्यपालांकडे परवानगी मागितली. या एवढ्या "श्रद्धाळू भक्ताम" नाही म्हणणे राज्यपालाना शक्यच नव्हते आणि त्या व्यापाऱ्यास तशी परवानगी दिली गेली. राज्यपालांच्या कचेरीतील लोकाना ठाऊक नव्हते की दुदिंकात विटानी बांधलेले एक ख्रिस्तमंदीर आधीच अस्तित्वात आहे. नेमका या अज्ञानावरच सातनिकवचा धूर्त डाव आधारलेला होता. त्याने घाईगर्दीने लाकडी मंदीर उभारले आणि विटांचे पूर्वीचे मंदीर जमीनदोस्त केले. त्या साऱ्या "पवित्र विटांचा" वापर मग धुराड्याची भट्टी उभारण्यासाठी केला गेला. दुसऱ्या महायुद्धाच्या पूर्वीच्या काळात नोरिलस्क बहुविध खनिकर्म उद्योग नामक जो अलोहित धातुशास्त्रीय प्रकल्प उभारला गेला त्याची ही भट्टी पूर्वज ठरते.

२० व्या शतकाच्या सुरुवातीस अशी परिस्थिती होती की रशियाचा जवळजवळ तीन-चतुर्थांश तांबे-उद्योग परकीय भांडवलशहांच्या हाती होता. १९१३ मध्ये फक्त १७००० टन शुद्धीकृत तांब्याचे उत्पादन झाले. पण देशास प्रत्यक्षात जेवढ्या तांब्याची जरूरी होती त्यामानाने ते केवढे तरी कमी होते.

यादवी युद्धाच्या वेळी व एंटेंटीच्या रशियातील हस्तक्षेपाच्या वेळी तांब्याचे उत्पादन अगदी बंदच पडले होते. तांब्याच्या अनेक खाणी उध्वस्त किंवा पाण्याखाली गेल्या आणि कामगारांच्या आभावी किंवा इंधन वा कच्च्या मालावाचून उत्पादकाना स्वस्थ बसाने लागले.

अगदी याच कठीण काळी लेस्ली उर्क्वार्ट हा इंग्रज उद्योगपती रशियन सरकारकडे आला. तो पूर्वीचाच मक्तेदार होता व त्याने अनेक अटींसह देशातील अत्यंत संपन्न समजली गेलेली अशी तांब्याची कराबाश खाण परत सुरू करण्याची परवानगी मागितली. पण लेनिननी त्यास जाणूनबुजून नकार दिला. पण रशियाच्या तांब्यापासून फायदा करून घेण्याची उर्क्वार्टची इच्छा तीव्र होती. रशियन भूमीतील संपन्न खनिजांची त्यास पूर्ण कल्पना असल्यामुळे फिरून एकवार त्याने सरकारपुढे एक विनंती विचारार्थ मांडली – "बाल्खश व त्यापलिकडच्या किरमिज स्टेपम भागात मला काही ठिकाणी खणून पाहण्याम परवानगी द्याल काय? या भागात तुम्ही निदान ५० किंवा १०० वर्षे तरी काही काम हाती घेणार नाही हे लक्षात घ्या."

पण सोविएत उद्योगांच्या धुरिणाना पक्के माहीत

होते की काही ठिकाणी खणून पाहण्याची परवानगी देणे म्हणजे राष्ट्रीय अर्थव्यवस्थेस सुरुंग लावण्यासारखे ठरेल. अखेर उर्क्वार्टला आपली लोभी महत्त्वाकांक्षा सोडून द्यावी लागली. आपली अर्थव्यवस्था बळकट करण्यासाठी सोविएत जनता स्वतःच कामास लागली.

देशाच्या विद्युतीकरणाची लेनिनची जी महत्त्वाकांक्षा होती त्यासाठी फार मोठ्या प्रमाणात तांबे लागणार होते. ५ मे १९२२ रोजी कलाटा येथील पुनर्रचित तांबे गाळण्याच्या भट्टीमार्फत तांब्याचा पहिला घाणा बाहेर पडला. हा दिवस म्हणजे सोविएत अलोहित धातुशास्त्रीय उत्पादनाचा जन्मदिवस ठरतो असे सार्थपणे म्हणावेसे वाटते.

त्यानंतर बाल्खश भागाने आपला वाटा उचलण्यास सुरुवात केली. १९२८ च्या शरद ऋतूत भूस्तरशास्त्रीय पथक तिकडे रवाना झालेच होते. (उर्क्वार्टच्या म्हणण्याप्रमाणे ५० किंवा १०० वर्षांनी नव्हे!) बेंटाऊ अटा या पर्वताच्या पायथ्याच्या डोंगराळ भागात – जिथे उर्क्वार्ट काही ठिकाणी उत्खनन करण्यास उतावीळ झाला होता त्याच ठिकाणी – भूस्तरशास्त्रज्ञाना तांबे सापडले.

१९३२ मध्ये बाल्खश खनिकर्म बहुउद्योगास सुरुवात झाली. हे काम अतिशय खडतर परिस्थितीत चालू होते. अनेक प्रसंगी उंटांचा तांडा हेच काय ते खनिज वाहून नेण्याचे साधन होते व ४०० कि. मी. वाहतूक करावी लागे. पण लोकांची जिद्द व उत्साह अवर्णनीय होता व त्या बळावरच साऱ्या हालअपेष्टाना ते हसत तोंड देत होते. १९३८ मध्ये या बहुउद्योगाचे कामकाज सुरू झाले.

इतर तांब्याचे कारखाने युद्धकालातील व युद्धानंतरच्या पाच वर्षात सुरू झाले. आज सोविएत अलोहित धातूंच्या क्षेत्रात तांब्याचा उद्योग हा एक आघाडीचा उद्योग ठरला आहे.

अतिप्राचीन काळापासून मानवास परिचित असणारा हा धातु आज कोणकोणत्या तांत्रिक क्षेत्रात वापरला जात आहे?

तांब्याचे जर कोणते दोन अगदी महत्त्वपूर्ण गुणधर्म असतील तर त्याची उच्च दर्जाची उष्णतावाहकता व विद्युतवाहकता हे होत. या गुणधर्मात वरचढ ठरणारा त्याचा एकच प्रतिस्पर्धी आहे व तो म्हणजे रूपे. पण रूपे महाग असल्यामुळे तांत्रिक क्षेत्रात त्याचा विस्तृत प्रमाणात उपयोग होऊच शकत नाही. तुलनात्मकदृष्ट्या तांब्याची विद्युत्वाहकता लोखंडाच्या ५ पट, ॲल्युमिनिअमच्या १.५ पट आणि टायटॅनिअमच्या ३५ पट जास्त आहे. यामुळेच विद्युत् अभियांत्रिकीचा प्रमुख आधार म्हणून तांब्याचा उल्लेख केला जातो.

रोहित्रे आणि मोटारीतील इंजिने, दूरदर्शन आणि दूरवाणीत आणि इतर अनेक प्रगत इलेक्ट्रॉनिक उपकरणात आपणास तांब्याचा मुक्त वापर केलेला आढळेल. रासायनिक साधनसामग्रीत आणि स्फोटाची व पेट घेण्याची भीती असणाऱ्या पदार्थांच्या बाबतीत तांब्याची हत्यारे वापरली जातात कारण पोलादी हत्यारांप्रमाणे त्यांच्या ठिणग्या पडत नाहीत.

निरनिराळ्या उद्योगक्षेत्रात वापरल्या जाणाऱ्या तांब्याच्या मिश्रधातूंची संख्या नित्य वाढतच आहे. सुमारे ३०-४० वर्षांपूर्वी ब्राँझ फक्त तांबे-कथिलाचाच मिश्रधातु असे समजले जात असे पण आज ॲल्युमिनियम ब्राँझ, शिसेयुक्त ब्राँझ, सिलिकॉन ब्राँझ, मँगेनीज ब्राँझ, बेरिलिअम ब्राँझ, कॅडमिअम ब्राँझ, क्रोमिअम ब्राँझ, झिर्कोनिअम ब्राँझ... असे कितीतरी ब्राँझ-प्रकार उपलब्ध आहेत.

ॲल्युमिनिअम ब्राँझपासून (तांबे व सुमारे ५ टक्के ॲल्युमिनिअम) तांब्याची नाणी तयार केली जातात. तांब्याची नाणी रशियात १७ व्या शतकात प्रथमतः प्रचारात आणली गेली. त्यामुळे मॉस्कोत (१६६२ मध्ये) लोकानी उठाव केला. रशियन इतिहासात त्याचा उल्लेख "तांब्याचे बंड" असा केलेला आढळतो. या उठावाचे सरळ सरळ कारण हे होते की रूप्याच्या नाण्यांची जागा तांब्याने घेतल्यामुळे पाव व तत्सम खाद्यपदार्थांच्या किंमतीत वाढ झाली. स्वीडन आणि पोलंडशी झालेल्या दीर्घकालीन युद्धामुळे लोक हैराण तर झालेच होते

शिवाय अधूनमधून पडणाऱ्या दुष्काळांमुळे व भरमसाठ करांमुळेही त्यांची विपन्नावस्था वाढत होती. पण झारने मोठ्या क्रूरपणे हे "तांब्याचे बंड" मोडून काढले. शेकडो लोक प्राणास मुकले, फाशी गेले किंवा बुडून मरण पावले तर हजारोंना तुरुंगात टाकण्यात आले किंवा सैबेरियात व अॅस्ट्राखानात हद्दपार करण्यात आले.

१९१७ च्या क्रांतीनंतर लगेच पहिली सोविएत नाणी पाडण्यात आली. लेनिनग्रादमधील टांकसाळ पुनरुज्जित करण्यापूर्वी दोन वर्षे म्हणजे १९२० साली खोरेझ्म (मध्य आशिया) येथे २०, २५, १०० आणि ५०० रूबलची नाणी पाडण्यास सुरुवात झाली. पुढे सोविएत राज्याच्या नोटा जेव्हा प्रचारात आल्या तेव्हा रशियन व उझ्बेक शब्द मुद्रित केलेली ही नाणी मागे घेतली गेली.

कधी कधी या तांब्याच्या नाण्याना सोन्याच्या नाण्यांपेक्षाही जास्त मोल प्राप्त होते. हा विरोधाभास खरा पण तसा तो प्रत्यक्षात अनेकदा दृष्टोत्पत्तीस आलेला आहे. काही वर्षांपूर्वी लंडनमध्ये विचित्र वाटावा असा एक लिलाव झाला व त्यात लिलावाची वस्तु कोणती होती तर एक पेनीचे तांब्याचे नाणे! पण लिलावात भाग घेणारे जे लोक होते ते चांगले जाणून होते की ते जुने नाणे एक पेनीपेक्षा कित्येक पटीने किंमतवान होते.

१९३३ मध्ये लंडनच्या टांकसाळीने फक्त सहा नाणी तयार केली. त्यापैकी पाच ब्रिटिश कोषागारात ठेवली गेली आणि सहावे नाणे एका खाजगी संग्रहात होते. ते जेव्हा एका नव्या संग्राहकाने आपलेसे केले तेव्हा त्यास २६०० पौंड किंमत मोजावी लागली. म्हणजेच नाण्याच्या मूळ किंमतीच्या ६००००० पट अधिक!

ब्रास ऊर्फ पितळ (तांबे-जस्त मिश्रधातु) हा तांबेप्रधान मिश्रधातूंचा फार मोठा भाग ठरतो. त्यात इतर काही धातु मिसळण्याने कितीतरी बहुविध गुणधर्म त्याच्या अंगी येऊ शकतात.

आजकाल तांबे व त्याच्या मिश्रधातूंची जागा इतर काही धातु घेत असून त्यात अॅल्युमिनिअम आघाडीवर आहे. उदाहरणार्थ अमेरिकेतील उच्च दाबयुक्त विद्युततारांसाठी वापरल्या जाणाऱ्या तांब्याच्या तारांची जागा पूर्णपणे अॅल्युमिनिअमने घेतली आहे. असेही दिसते की नजिकच्या भविष्यकाळात प्लॅस्टिक्सची तांब्याशी जोरदार स्पर्धा होणे अगदी शक्य आहे.

तांब्यास पर्यायी साहित्य वापरण्याची जी प्रवृत्ती वाढत आहे तिचे एक कारण म्हणजे या धातूचा भासणारा तुटवडा. त्यामुळेच तांब्याच्या खनिजांचा कसून शोध घेण्यास मोठे महत्त्व दिले जाते. अगदी अलिकडेच युडोकन (सोविएत संघ) येथे ताम्रखनिजाचा मोठा अपूर्व साठा आढळला असून तो जेझ्काझ्गन (कझाखस्तान) येथील एका विस्तृत साठ्याच्या तुलनेने दुप्पट भरतो. इतर धातूंच्या खनिजासह संमिश्र असे ताम्रखनिज तालनाख या ध्रुववर्तुळाच्या पलिकडील प्रदेशात सापडले आहे.

पूर्वीच्या काळी तांब्याने नॉर्वेच्या "अॅनाटिना" या जहाजाच्या बाबतीत एक मोठीच चलाखी केलेली दिसते. हे जहाज जपानला संपृक्त स्वरूपातील ताम्रखनिज वाहून नेत होते. असे आढळले की जहाजाचे आवरण पार गंजून गेले असून ठिकठिकाणी भोके पडली आहेत व त्यातून पाझरणे सुरू झाले आहे. तपासान्ती असे निष्पन्न झाले की खनिजातील तांबे व जहाजाच्या सांगाड्यातील पोलाद यातून विद्युत्-विच्छेद्य युग्म तयार झाले आणि समुद्रजलाच्या बाष्पामार्फत विद्युत्विच्छेद्य द्रावाची भूमिका पार पाडली गेली. परिणामी विद्युत्विच्छेद्य प्रवाह निर्माण झाला आणि ठिकठिकाणी भोके पडण्याएवढे जहाजाचे आवरण गंजून गेले.

तांब्याचा आणखी एक गुणविशेष हा की ते जैविक मुलद्रव्य म्हणजे वनस्पती व प्राणिजीवनाच्या योग्य वाढीसाठी आवश्यक आहे. पेशींमध्ये ज्या जीवरासायनिक प्रक्रिया घडून येतात त्यामध्ये तांबे उत्प्रेरकाची भूमिका बजावते.

तांब्याच्या आभावी किंवा कमतरतेमुळे वनस्पतीं-

च्या पेशीतील क्लोरोफिलचे प्रमाण घटते, त्यामुळे पाने पिवळी पडतात आणि फळ धरणे अशक्य ठरते. परिणामी अशा वनस्पती नाश पावतात.

प्राणिजगतात अष्टपाद, माखली, कालवे व इतर मृदुकाय प्राण्यांच्या रक्तात तांब्याचा सर्वाधिक अंश आढळतो. कर्कवर्गीय आणि शीर्षपादवर्गातील प्राण्यांमध्ये त्यांच्या रक्तात हेमोसायनीन या रंजकद्रव्याच्या स्वरूपात तांबे अस्तित्वात असून इतर प्राण्यांच्या रक्तातील लोह जे कार्य करते तेच तांबेही करते. वातावरणातील ऑक्सिजनशी संयोग पावण्यामुळे हेमोसायनीन निळे बनते (गोगलगायीचे रक्त निळया रंगाचे त्यामुळेच दिसते) आणि पेशीकडे ऑक्सिजन सुपूर्द केल्यावर रक्त रंगरहित बनते. विकसित प्राण्यांमध्ये व मनुष्यात, प्रामुख्याने यकृतात तांबे मोठ्या प्रमाणात साठते. मानवी शरिरास रोज ०.००५ ग्रॅम तांब्याची जरूरी असते. अन्नाबरोबर होणारा तांब्याचा पुरवठा जर कमी पडला तर अॅनिमिया जडतो व अशक्तता जाणवू लागते.

बहुधा यामुळेच अनेक लोकानी तांब्याच्या अंगी वैद्यकीय गुणधर्म असल्याचे सांगितलेले दिसते. नेपाळी लोक तांबे पवित्र मानतात व त्यामुळे मानसिक एकाग्रता वाढते, पचनक्रिया सुधारते आणि आतड्याच्या व्याधी दूर होतात असे समजतात. (अशा रोग्याना तांब्याची काही नाणी टाकलेले पाणी पिण्यास देतात. नेपाळमधल्या सर्वात मोठ्या व अत्यंत सुरेख मंदिराचे नावच मुळी "तांब्याचे मंदिर" असे ठेवलेले आहे.

पोलंडच्या शास्त्रज्ञाना असे आढळून आले की ज्या पाण्यात तांब्याचे प्रमाण जास्त असते त्यातील कार्प मासे आकाराने गुबगुबित होतात. ज्या तळयांमध्ये, सरोवरात तांब्याची कमतरता असते तेथे माशाना अपायकारक अशा बुरशीची त्वरित वाढ होते.

पण कार्पना जरी तांब्याबद्दल प्रेम असले तरी समुद्रातील अधिक मोठमोठाल्या प्राण्यांच्या (उदा. शार्क, देवमासे) दृष्टीने तांब्याचे अस्तित्व हानीकारक, अपायकारक ठरते. विशेषत: तांब्याची कॉपर सल्फाइटसारखी गंधकयुक्त संयुगे त्याना अजिबात सहन होत नाहीत. या शार्कविरोधी पदार्थाबाबत दुसऱ्या महायुद्धाच्या सुरुवातीस मोठ्या प्रमाणात चाचण्या घेण्यात आल्या. त्यावेळी टार्पेडोंच्या साहाय्याने बोटीना जलसमाधी दिली जात असे. त्यातून वाचणाऱ्याना शार्क माशांपासून संरक्षणाची जरूरी होती. त्यामुळे शार्कसंहारात अर्नेस्ट हेमिंग्वे यासह अनेकानी भाग घेतला. हेमिंग्वे यानी पूर्वी जिथे शार्क माशांच्या शिकारी केल्या होत्या ती ठिकाणेही दाखविली. या प्रयोगाची सफलता अपेक्षेपेक्षाही जास्त ठरली. कॉपर सल्फेटविरहित साऱ्या आमिषांवर या माशानी अधाशीपणे हल्ला चढविला.

या शार्कविरोधी द्रव्याबाबत प्रथम ऑस्ट्रेलियातील तज्ज्ञानी शंका घेतली. त्यांच्या मते, ऑस्ट्रेलियातील शार्कच्या बाबतीत हे द्रव्य म्हणजे डोकेदुखीवरील गोळी किंवा खाद्यपदार्थात टाकलेला मसालाच ठरतो (ऑस्ट्रेलियाच्या भागातील शार्क

मासे फारच क्रूर समजले जातात). तथापि पश्चिम किनाऱ्यापलिकडील शार्क वसतीच्या उपसागरात जेव्हा प्रयोग केला गेला तेव्हा तो ९५ टक्के परिणामकारक ठरला.

खनिजातील तांबे वेगळे करण्याची एक रीत जीवशास्त्रीय प्रक्रियेवरही आधारलेली आहे. या शतकाच्या सुरुवातीस अमेरिकेत उटाह् येथे ज्या तांब्याच्या खाणी चालत त्या खनिजाअभावी मालकानी बंद केल्या व तेथे सर्वत्र पाणी साचले. दोन वर्षानी जेव्हा तेथील पाणी उपसले गेले तेव्हा पाण्यात १२००० टन तांबे असल्याचे निष्पन्न झाले. मेक्सिकोतही अशा निरूपयोगी ठरलेल्या खाणीतील पाण्यापासून वर्षभरातच १२००० टन तांबे मिळाल्याची नोंद आहेच.

पाण्यात हे तांबे कुठून आले? याचा शोध घेता शास्त्रज्ञाना आढळून आले की बॅक्टेरियांच्या काही जाती काही धातूंच्या गंधकीय संयुगांवर चांगल्या वाढतात. निसर्गात तांबे बहुधा गंधकाशी संयोग पावलेले आढळते व या बॅक्टेरियाना तांब्याचे खनिज "आवडते". पाण्यात अविद्राव्य असलेल्या कॉपर सल्फाइड संयुगांचे ऑक्सिडीकरण करून बॅक्टेरिया त्यांचे पाण्यात विरघळणाऱ्या संयुगात रूपांतर करतात व ही क्रिया फार जलद गतीने होणारी आहे. एक उदाहरण पहा: सर्वसामान्य रासायनिक प्रकार ऑक्सिडीकरणाच्या प्रक्रियेने कॅल्कोपायराइटमधील केवळ ५ टक्के तांबे २४ दिवसात वेगळे झाले तर बॅक्टेरियांमार्फत ८० टक्के तांबे केवळ चार दिवसातच वेगळे झाले. सूक्ष्म जीवांच्या रूपातील "खाणकामगारांची" कार्यक्षमता नि:संशय उच्च दर्जाची ठरते. हे खरे की या प्रयोगात बॅक्टेरियाना सर्वस्वी अनुकूल अशी परिस्थिती निर्माण केली गेली. तपमान ३० ते ३५ अंश से. राखले गेले. खनिजाचा भुगा करण्यात आला व पाण्यातील त्याचे मिश्रण सतत खळबळते ठेवले गेले. पण प्रायोगिकदृष्टच्या असेही सिद्ध झाले आहे की बॅक्टेरिया फारच असंतुष्ट स्वभावाचे असतात; ते आपला "छंद" उत्तरेकडच्या अगदी प्रतिकूल परिस्थितीतही (उदा. कोला द्वीपकल्पात) चालू ठेवतात.

जेव्हा एखाद्या खाणीतील खनिकर्म खनिजाअभावी पुढे चालू ठेवणे शक्य नसते व खाण बंद करण्याची वेळ येते तेव्हाच बॅक्टेरियांची खरी आवश्यकता असते. अशा खाणीतील खनिजात नाही म्हटले तरी ५ ते २० टक्के तांबे असतेच, पण ते मिळविण्याचे प्रयत्न आर्थिकदृष्टचा परवडणारे नसतात. पण अशा "स्मशानभूमी"तील उरलेसुरलेले तांबे गोळा करणे हा तर बॅक्टेरियांच्या हातचा मळ असतो.

निरुपयोगी ठरलेल्या अशा "खनिज-कचऱ्यांचे" ढिगच्या ढीग साचतात आणि त्यावर प्रक्रिया करण्यासाठी या सूक्ष्मजीवजंतूंचा वापर करता येतो. मेक्सिकोतील कॅनानिया खाणीबाबत अगदी असेच घडले. तेथे सुमारे ४ कोटी टन असा कचरा साठला होता त्यातील तांब्याचा अंश अगदी नगण्य म्हणजे ०.२ टक्के होता. या ढिगांवर पाणी टाकले गेले व खालच्या बाजूस साचविले गेले. मध्यंतरी बॅक्टेरियानी आपले काम केले व प्रत्येक लिटर पाण्यापासून ३ ग्रॅम तांबे मिळाले. एकाच महिन्यात ३५० टन तांबे ऊर्फ "कचऱ्यातील सोने" मिळविण्यात आले.

सोविएत संघातील काही खाणींमध्ये हे बॅक्टेरियारूपी "कामगार" नेमले आहेत. बॅक्टेरियांमार्फत धातु मिळविण्याचा प्रायोगिक प्रकल्प उरालमधील देगृत्यास्की नामक एका प्रचंड खाणीजवळ १९६४ मध्ये सुरू केला गेला. तेथील काही पडिक ठरलेल्या खाणींजवळ खनिज-कचऱ्याचे ढीगच्या ढीग वर्षानुवर्षे साचले होते. बॅक्टेरियांकडे ते सोपविले गेले आणि अत्यंत गरज असणाऱ्या या धातूचे कित्येक टन उत्पादन झाले. देगृत्यास्की येथे, तसेच उराल व कझाखस्तानात अशा औद्योगिक सोयी केल्या गेल्या असून बॅक्टेरियांची तेथे "सामुहिक भरती" केली जाते.

सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीच्या सूक्ष्मजंतुशास्त्रीय संस्थेत याबाबत जो अभ्यास केला

गेला त्यावरून असे दिसते की अशा औद्योगिक बॅक्टेरियांमध्ये वेगवेगळ्या "चवी" आढळतात. तांब्याप्रमाणेच, लोह, जस्त, निकेल, कोबाल्ट, टायटॅनिअम, ॲल्युमिनियम आणि इतरही मूलद्रव्यांचे निष्कर्षण या औद्योगिक बॅक्टेरियांमार्फत साधता येते. युरेनिअम, सोने, जर्मानिअम, आणि ऱ्हेनिअम अशा मौल्यवान मूलद्रव्यांचाही त्यात सामावेश आहेच आहे. या संस्थेतील संशोधकानी असेही दाखवून दिले की गॅलिअम, इंडिअम आणि थॅलिअम अशी दुर्मिळ (म्हणजे धातुरूपात मिळविण्यास अति कष्टप्रद असलेली) मूलद्रव्येही बॅक्टेरियांच्या मदतीने मिळविणे शक्य आहे.

जैविक धातुशास्त्रीय प्रक्रिया पद्धतीना फार उज्वल भविष्यकाळ असला पाहिजे. आजही अगदी उघडपणे दिसते की असे भूमिगत धातुउत्पादन सर्वात स्वस्त पडते. कामगारांची जरूरी नाही, खनिज भाजणाऱ्या व त्यावर प्रक्रिया संस्करण करणाऱ्या कारखान्यांचीही गरज नाही. कोट्यवधी सूक्ष्माकार "धातुशास्त्रज्ञ" हे कठीण काम निमूटपणे करू शकतात. एखाद्या परिकथेतील वामनमूर्ती राक्षसांप्रमाणे ते लोकाना रात्रंदिवस मदत करण्यात गर्क असतात.

विख्यात सोविएत सूक्ष्मजंतुशास्त्रज्ञ अकादेमिशियन अलेक्सांदर इम्‌शेनेत्स्की यानी या संबधी काही वर्षांपूर्वी काय लिहिले आहे ते पाहण्यासारखे आहे. "निसर्गचक्रात सूक्ष्मजीवजंतु फार महत्त्वाची भूमिका बजावितात. व्ही. आय्. वेर्नाद्स्की यानी भू-सूक्ष्मजंतुविज्ञानाबाबत ज्या कल्पना प्रसृत केल्या त्यांचा व्यावहारिक उपयोग आज होतोच आहे. आता हे चांगले माहीत झाले आहे की खनिजयुक्त अनेक प्रकारची माती अस्तित्वात येण्यास हे सूक्ष्मजीवच कारणीभूत असतात. पहिल्या पीटरने आपल्या कारकीर्दीत सुप्रसिद्ध "नाण्याचे खनिज" सरोवरांच्या तळांपासून मिळविण्याचा व त्यापासून तोफा ओतण्याचा हुकूम दिला होता. हे तळभागातील खनिज म्हणजे बॅक्टेरियांची निर्मिती होय. ...निरनिराळ्या महत्त्वपूर्ण धातूंच्या उत्पादनार्थ सूक्ष्मजीवांचा सार्वत्रिक वापर होण्याचा काळ काही दूर नाही. वीसएक वर्षांपूर्वी ही केवळ कल्पनाच वाटत होती, पण आजकाल या अदृश्य "धातुशास्त्रज्ञांचा" वापर करून या क्षेत्रातील कामे व मार्गदर्शन कसे मिळवावयाचे हे लोक चांगले जाणतात. सध्या जगात अनेक ठिकाणी सूक्ष्मजीवांच्या साहाय्याने युरेनिअम, तांबे, जर्मानिअम आणि इतर काही धातु व्यापारी प्रमाणात मिळविले जात आहेत. त्यासाठी पडिक व निरूपयोगी ठरलेल्या खाणींमध्ये विपुल प्रमाणात सूक्ष्मजीवजंतु असणारे पाणी भरले जाते. या शतकाच्या अखेरीस सूक्ष्मजीवांचा वापर असलेले द्रवधातुशास्त्र म्हणजे एक आघाडीचा उद्योग ठरेल यात शंका नाही. गंधक आणि इतर मूलद्रव्यांच्या संयुगांचे ऑक्सिडीकरण करणारे सूक्ष्मजीवसंवर्धन तंत्र म्हणजे सर्वात उत्तम व अत्यंत स्वस्त असा धातुशास्त्रीय मध्यस्तच म्हटला पाहिजे. शिवाय त्यांचे उत्पादनही संपूर्णतया स्वयंचलित ठेवता येते."

आपली ही लांबलेली ताम्रकथा थोडक्यात सांगावयाची ठरल्यास असे म्हणता येईल की आज ब्रॉंझयुग किंवा ताम्रयुग जरी इतिहासजमा झालेले असले तरी मानवजात आणि तांबे यांचा परस्पर संबंध कधीच तुटणार नाही आणि या आपल्या विश्वासू सहकाऱ्यास माणूस कधीच विसरणार नाही.

# १३. युरेनिअम कांड्यांसाठी " आवरण "

मार्टिन क्लॅपरॉथ शोध लावतात – कोणते स्वप्न पडले ? – एक जुनी समजूत – कामाच्या शोधात – अम्लात होणारी घट – बहुविध उद्योग – जादा गरम होण्याची भीती नाही – संधीच्या शोधात – भावाचे नशीब – " खाजगी " – नॉटिसल-ची अणुभट्टी – गुण आणि अवगूण – कचऱ्यांच्या ढिगांतील दौलत – समुद्रकिनारी – नर्नस्ट्चा दीवा – मॉंटलुइस किल्ल्यात – सौरशहर – एक गैरसमजूत .

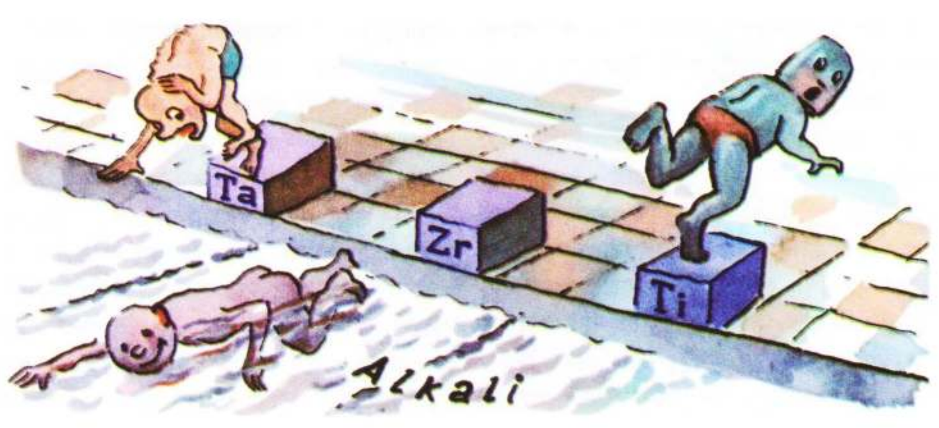
प्रसिद्ध जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ आणि बर्लिनच्या शास्त्र आकादमीचे सभासद मार्टिन हेन्रिक क्लॅंपरॉथ हे झिरकॉन खनिजाच्या एका प्रकाराचे पृथक्करण करीत होते. ते वर्ष १७८९ चे होते. या पृथक्करणात क्लॅप्रॉथना एक नवे मूलद्रव्य आढळले व त्यास त्यानी झिर्कोनिअम असे नाव दिले. त्याच्या सोनेरी नारिंगी आणि गुलाबी रंगाच्या छटांमुळे हे खनिज अगदी महापराक्रमी अलेक्सांदरच्या काळापासून मौल्यवान खड्यात गणले गेले. अरबी भाषेतील "झरकन" म्हणजे "सोनेरी" या शब्दावरून त्याचे नाव तयार झाले हे अगदी उघड दिसते. साहित्यक्षेत्रात या खनिजास हायासिंथ, जासिंथ, जार्गून व जॅर्गन अशीही नावे मिळालेली आहेत.

पूर्वीच्या काळी झिरकॉनकडे केवळ मौल्यवान खडा म्हणूनच पाहिले गेले नाही तर एक मंत्रसिद्ध जीवरक्षक दैवी खडा म्हणूनही त्यास महत्त्व होते. "त्याच्या वापरामुळे मन आनंदित होते, दुष्ट विचार नाहीसे होतात, बुद्धी तीव्र बनते, चातुर्य अंगी येते आणि मानसन्मान प्राप्त होतो." जुन्या काळातील एका "डॉक्टरा"ने आपल्या औषधीशास्त्रावरील पुस्तकात सांगितले आहे की, "जो आपल्या जवळ तांबड्या रंगाचा "याखांत"* ठेवतो त्यास कधीच दुष्ट व भयानक स्वप्ने पडणार नाहीत, तो दृढ मनाचा राहील आणि लोकांशी प्रामाणिकपणे वागेल."

१८२४ मध्ये जॉन्स बर्झेलियस या स्विडनवासी रसायनशास्त्रज्ञाने प्रथमच धातुरूप झिर्कोनिअम तयार केले. पण हा धातु शुद्ध स्वरूपात मिळविणे ही एक अशक्यप्राय बाब होती व त्यामुळे त्याच्या भौतिक गुणधर्मांबाबत दीर्घकाळ अज्ञान राहिले. इतर मौल्यवान दुर्मिळ धातूंप्रमाणेच झिर्कोनिअमलाही आवडीचे काम मिळण्यास कित्येक दशके वाट पहावी लागली, याउलट, "लोकांच्या नजरेसमोर" कसे यावयाचे हे लोह, तांबे व शिसे याना "माहीत" असल्यामुळे त्याना कामाची कमतरता कधीच भासली नाही.

केवळ या शतकाच्या सुरुवातीसच अशुद्ध द्रव्ये नसलेली झिर्कोनिअमची प्रत तयार करणे शास्त्रज्ञाना शक्य झाले आणि या धातूचे गुणधर्म काळजीपूर्वक तपासता आले. त्याना असे आढळले की या धातूबरोबर नेहमीच हाफ्निअम धातु येतो. कधी कधी हाफ्निअमचे प्रमाण वाजवीपेक्षा जास्त आढळूनही शास्त्रज्ञांनी १३० वर्षांपेक्षा अधिक काळ या वस्तुस्थितीकडे दुर्लक्षच केले. या दोन धातूंच्या रासायनिक गुणधर्मात भरपूर साम्य आढळते हे यामागचे कारण होय. त्याबरोबरच त्यांच्यात भिन्नताही आहे, पण त्याबद्दल पुढे पाहू.

शुद्ध झिर्कोनिअमचे बाह्यस्वरूप पोलादाप्रमाणेच असते पण ते पोलादापेक्षा अधिक ताकदवान व अतिशय तंतूभवनशील आहे. त्याचा अगदी खास गुणधर्म हा की अनेक प्रकारच्या दाहक माध्यमाना हा धातु मुळीसुद्धा दाद देत नाही. त्याची गंजरोधकता तर या गुणधर्मासाठी विख्यात असणाऱ्या निओबिअम व टायटॅनिअम धातूंपेक्षाही वरचढच आहे. ५ टक्के हायड्रोक्लोरिक आम्लात व ६० अंश से. तपमानात वर्षभर ठेवलेल्या स्टेनलेस




स्टीलमध्ये २.६ मि. मी. ची घट होते आणि टायटॅनिअममध्ये १ मि. मी. तर झिर्कोनिअममध्ये त्याच्या एक-हजारांश पटीने कमीच राहते. त्याची अल्कली द्रव्यांबाबतची गंजरोधकता तर यापेक्षाही अधिक आहे. या बाबतीत, गंजरोधकतेच्या क्षेत्रात अपूर्व प्रसिद्धी लाभलेल्या टँटॅलमपेक्षाही झिर्कोनिअम अधिकच श्रेष्ठ ठरते. यामुळेच, मज्जासंस्थेसारख्या अत्यंत नाजुक व मोठ्या जबाबदारीच्या शल्यकर्मात या धातूचा महत्त्वपूर्ण उपयोग केला जातो. शल्यकर्माच्या शस्त्रादी साहित्यांसाठी झिर्कोनिअमचे मिश्रधातु उत्कृष्ठ ठरतात आणि कधीकधी त्याचा 'दोरा' मेंदूच्या शल्यकर्मात टाके घालण्यासाठी वापरला जातो.

झिर्कोनिअम मिसळण्यामुळे पोलादाच्या अनेक गुणधर्मांत वाढ होते हे जेव्हा ध्यानात आले तेव्हा मिश्रधातूंचा तो एक महत्त्वपूर्ण घटक म्हणून गणला गेला. या क्षेत्रात त्याचे विविध उपयोग आहेत. झिर्कोनिअममुळे पोलादाचा कठीणपणा आणि ताकद वाढते, यांत्रिक कामांमध्ये फारच सुलभता येते, दृढिभवन उत्तमप्रकारे होऊ शकते, वितळजोडाची कामे करणे सोपे जाते, प्रवाहीपणा दर्जेदार होतो, सल्फाइड संयुगे नाहीशी होतात आणि संरचना सूक्ष्मकणांची बनते.

पोलादात झिर्कोनिअम मिसळण्यामुळे पोपडे पडण्याचा दोष कमी होतो. ४०-४५ प्रतींमधले पोलादप्रकार (ज्यामध्ये ०.१६ ते ०.३७ टक्के झिर्कोनिअम असते) २० अंश से. तपमानात जर तीन तास ठेवले तर झिर्कोनिअमविरहित पोलादाच्या तुलनेने त्यांची पोपडे पडण्याची म्हणजेच वजन घटण्याची प्रवृत्ती सहा ते सात पटीने कमी होते.

बांधकामात वापरल्या जाणाऱ्या पोलादात झिर्कोनिअम मिसळल्यास त्याची क्षरणाची ऊर्फ गंजण्याची प्रवृत्ती कमी होते. हे पहा एक प्रायोगिक उदाहरण : '२० जी' हा पोलादप्रकार तीन महिने पाण्यात ठेवला असता त्याचे दर चौरस मीटरमागे १६.३ ग्रॅम वजन घटले. पण ०.१९ टक्के झिर्कोनिअम असलेला हाच प्रकार फक्त ७.६ ग्रॅम घटला.

झिर्कोनिअमयुक्त पोलाद उच्च तपमानास तापविले तरी त्यावर काही दुष्परिणाम होईल याची भीती नसते. यामुळे घडीव काम, ठोकून आकार देण्याचे काम, उष्णतोपचार आणि इतर क्रिया वेगाने करता येतात: झिर्कोनिअम-पोलादाची उच्च ताकद आणि त्याची परिसीमित अशी सूक्ष्म कणीदार संरचना यामुळे अगदी पातळ जाडीतील ओतकाम शक्य होते. तसे नेहमीच्या पोलादाच्या बाबतीत शक्य नसते. उदाहरणार्थ "४० ख" या झिर्कोनिअमयुक्त पोलादाचा २ मि. मी. जाडीच्या बाजू (भिंती) असणाऱ्या वस्तूंच्या ओतकामासाठी वापर

होतो, तर झिर्कोनिअम नसलेल्या "४० ख" पोलादाच्या वस्तूच्या भिंतींची जाडी निदान ५-६ मि. मी. राहते.

इतर अलोहित धातूंमध्ये झिर्कोनिअम मिसळल्यास चांगले निष्कर्ष मिळतात. तांब्यात झिर्कोनिअम मिसळल्यास त्याची ताकद खूपच वाढते, शिवाय त्याच्या विद्युत्‌वाहकतेवर जवळजवळ अजिबात परिणाम होत नाही. तांबे-कॅड्‌मिअम या मिश्रधातूत ०.३५ टक्के झिर्कोनिअम मिसळल्यास ताकद व विद्युतवाहकता यात भरपूर वाढ होते. झिर्कोनिअममुळे ॲल्युमिनिअमच्या मिश्रधातूंमध्ये ताकद, तार काढता येण्याच्या प्रवृत्तीत, गंजरोधकता तसेच उष्णतारोधकता या गुणधर्मात चांगलीच वाढ होते. मॅग्नेशिअम-झिर्कोनिअम मिश्रधातूंच्या (०.६-०.७ टक्के झिर्कोनिअम असणाऱ्या) ताकदीत जवळजवळ दुपटीने वाढ होते. १४ टक्के झिर्कोनिअम असणाऱ्या टायटॅनिअम या मिश्रधातूची, ५ टक्के हायड्रोक्लोरिक आम्लातील व १०० अंश से. तपमानातील गंजरोधकता व्यापारी प्रतीच्या टायटॅनिअमपेक्षा ७० पट अधिक असते. मॉलिब्डेनममध्ये ५ टक्के झिर्कोनिअम मिसळले तर त्याच्या कठीणतेत चांगलीच वाढ होते. मँगेनीजयुक्त ब्रास ऊर्फ पितळमध्ये आणि ॲल्युमिनिअम ब्रॉंझ, निकेल ब्रॉंझ व लेड ब्रॉंझ (शिसेयुक्त कासे) या मिश्रधातूंमध्येही झिर्कोनिअम मिसळण्यात येते.

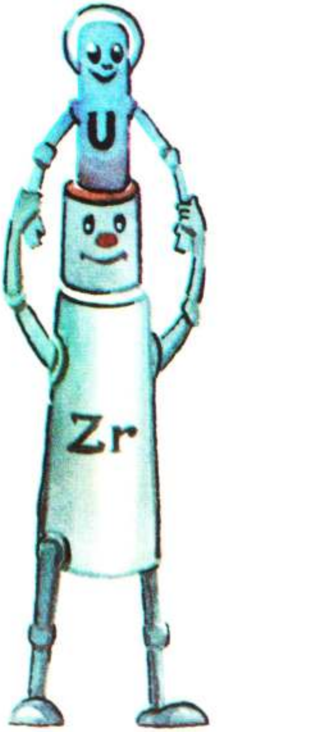
पण, मिश्रधातूंचा एक घटक म्हणून झिर्कोनिअमचा दर्जा जरी महत्त्वाचा व मानाचा असला तरी त्याच्या उपयोगाचे ते काही खरे क्षेत्र नव्हे, शिवाय ते दुय्यम दर्जाचेच म्हटले पाहिजे. त्याबाबत संशोधन चालूच राहिले आणि त्यातून त्यास खरीखुरी व सुयोग्य संधी अखेर चालून आली. पण त्याबाबत अधिक चर्चा करण्यापूर्वी आपण या मूलद्रव्याच्या जन्मस्थानी म्हणजे मार्टिन क्लॅपरॉथ यांच्या प्रयोगशाळेत परत फेरी मारू या.

क्लॅपरॉथनी १७८९ मध्ये शोधलेले झिर्कोनिअम हा काही त्यांचा एकुलता एक शोध नव्हे. २० व्या शनकातील विज्ञान आणि तंत्रविज्ञान क्षेत्रात मोलाची कामगिरी करण्यास पात्र ठरणारे आणखी एक मूलद्रव्य होते. ते म्हणजे युरेनिअम हे होय. पण क्लॅपरॉथला काय किंवा इतर कुणासही झिर्कोनिअम व युरेनिअम या दोन भावंडांच्या भावी आयुष्याचा जीवनपट कसा राहील याची कल्पना करणे शक्य नव्हते. त्यांच्या वाटा दुभंगलेल्या होत्या व त्याना एकत्रित आणणे पुढील १५० वर्षांपावेतो शक्य झाले नाही. अगदी अलिकडेच त्यांचा दीर्घकालीन दुरावा संपुष्टात आलेला आहे. जे लोक अणुशक्ती उत्पादनाच्या क्षेत्रात काम करीत होते त्यापैकी काही मोजक्या लोकानाच या दोघांच्या गाठीभेटींची माहिती होती. हे घडत होते अणुभट्टीमध्ये. तेथे युरेनिअमचा वापर अणुगर्भीय इंधन म्हणून होत होता व या युरनिअमच्या कांड्यांवरील आवरण म्हणून झिर्कोनिअम वापरले जात होते. अचूकतेच्या दृष्टीने एक वस्तुस्थिती सांगणे जरूरी आहे की त्यापूर्वीही, अणुशक्तीवर चालणाऱ्या नॉटिलस या पाणबुडीवरील अणुभट्टीमध्ये अमेरिकन शास्त्रज्ञ झिर्कोनिअम वापरतच होते. पण पुढे लवकरच ध्यानात आले की अणुभट्टीच्या क्रियाशील भागातील साहित्यासाठी झिर्कोनिअम न वापरता इंधनावरील (युरेनिअम कांड्यावरील) आवरण म्हणून ते वापरणे अधिक श्रेयस्कर आहे. झिर्कोनिअमच्या "स्नेहमिठीत" युरेनिअम आले ते याच वेळी.

या कामासाठी झिर्कोनिअमची निवड झाली ती अगदी योग्य कारणांमुळेच. भौतिक शास्त्रज्ञ जाणून होते की इतर धातूंपेक्षा झिर्कोनिअम न्यूट्रॉनना अत्यंत सहजगत्या पार जाऊ देते (न्यूट्रॉनपारदर्शकता) आणि युरेनिअमवरील आवरणाच्या अंगी अगदी हाच गुणधर्म आवश्यक होता. मॅग्नेशिअम, ॲल्युमिनिअम वा कथिलासारखे इतर धातु झिर्कोनिअमसदृश आहेत खरे पण काही झाले तरी ते फार कमी तपमानात वितळणारे व त्याचबरोबर उष्णतारोधक नसणारे असल्यामुळे त्यांचा वापर शक्य नव्हता. झिर्कोनिअम तर १८५० अंश से तपमानास वितळणारे आणि अणुभट्ट्यात

जे तपमान असते ते उत्तमप्रकारे रोखणारे ठरते.

पण अणुभट्टीतील त्याचे जबाबदारीचे काम पार पाडण्यात अडथळा आणतील असे काही दोषही झिर्कोनिअममध्ये आलेले आहेत. खरा प्रकार असा आहे की त्याच्या अत्यंत शुद्ध प्रतीमधूनच न्यूट्रॉन आरपार जाऊ शकतात. नेमकी याच ठिकाणी आपणास हाफ्निअमची आठवण होणे साहजिक आहे. हाफ्निअमचे रासायनिक गुणधर्म पाहता त्यास झिर्कोनिअमचा जुळा भाऊच म्हणणे सार्थ ठरते. पण न्यूट्रॉनच्या बाबतीत त्यांच्या प्रवृत्ती अगदी एकमेकांच्या उलट आहेत. हाफ्निअम अगदी आधाशीपणे न्यूट्रॉन शोषून घेतो ( झिर्कोनिअमच्या तुलनेने ५००-६०० पट अधिक! ). समचिकित्सा ऊर्फ "होमिओपॅथी" पद्धतीच्या अगदी अल्पशा मात्रेएवढ्या हाफ्निअममुळे झिर्कोनिअमचे "रक्त" नासते आणि त्याची न्यूट्रॉन-पारदर्शकता पार नाहीशी होते. अणुभट्टीस साजेशा अशा शुद्ध झिर्कोनिअममध्ये ०.००२ टक्क्यांपेक्षा अधिक हाफ्निअम चालत नाही. पण एवढ्याशा अल्प अशुद्धतेमुळेही झिर्कोनिअमची न्यूट्रॉन-पारदर्शकता साडेसहा पटीनी कमी होते.




निसर्गात झिर्कोनिअम व हाफ्निअम नेहमीच एकत्रित स्वरूपात सापडत असल्यामुळे ते एकमेकांपासून वेगळे करणे ही एक अत्यंत कठीण समस्या ठरली आहे. पण अणुउद्योग क्षेत्रात त्यांची अत्यंत जरूरी असल्यामुळे रसायनशास्त्रज्ञाना व धातुशास्त्रज्ञाना त्यासाठी काही ना काही मार्ग काढणे भागच होते.

हा प्रश्न जेव्हा सुटला तेव्हा त्यातून एक नवा प्रश्न उद्‌भवला. शुद्ध झिर्कोनिअमचे उपयुक्त भागांसाठी ओतकाम करताना त्याचे काही "घातकी" अणूंपासून रक्षण करणे फार आवश्यक ठरले. कारण, त्यांच्यामुळे न्यूट्रॉनच्या मार्गात नंतर अनुल्लंघनीय अडथळा निर्माण होऊन झिर्कोनिअमच्या साऱ्या उपयुक्त गुणधर्मांवर बोळा फिरविला जाणे अगदी शक्य असते. त्याखेरीज, या धातूचे जोडकाम करतेवेळी, जोडकामासाठी वापरला जाणारा धातु व जोडला जाणारा धातु यांचे गुणधर्म, एकसंधीपणा समानच असणे महत्त्वाचे असते. यावर इलेक्ट्रॉन शलाकेचा वापर हा रामबाण उपाय ठरला. इलेक्ट्रॉन शलाकेमुळे होणारी जोडकामातील शुद्धता आणि अचूकता, यामुळे युरेनिअमच्या इंधन-कांड्यांवरील आवरण म्हणून झिर्कोनिअमचा वापर अखेर प्रचलित झाला.

हे घडले ते झिर्कोनिअमच्या उत्पादनात जेव्हा नाट्यपूर्ण वाढ झाली तेव्हा. १९४९-१९५९ या दशकात झिर्कोनिअमचे जागतिक उत्पादन १००० पटीनी वाढले! इतर खनिजे काढल्यानंतर निर्माण होणारा कचरा आणि त्याचबरोबर झिरकॉनयुक्त वाळू फेकून दिली जात असे किंवा दुर्लक्षित केली जात असे. या कचऱ्याचा मोठ्या प्रमाणात वापर होऊ लागला व उत्पादन द्रुतगतीने वाढले. उदाहरणार्थ, कॅलिफोर्नियात, नद्यां-

च्या पात्रातून फार काळ साठलेला गाळ उपसला गेला व त्यातील झिर्कोनिअम मिळविले गेले. ओरेगॉनच्या (अमेरिका) भूमध्य समुद्राच्या किनारी प्रदेशात युद्धकाळी क्रोमाइट खनिजासाठी जे खनिकर्म केले गेले त्या बरोबरच काही झिरकॉनही खणले गेले. पण औद्योगिक क्षेत्रात झिर्कोनिअमचे उपयोगच प्रचलित नसल्यामुळे जिथे ते खणले तिथेच पडून राहिले. युद्धानंतर झिर्कोनिअमला भरभराटीचे दिवस प्राप्त झाले आणि ते कचऱ्याचे ढिगारे म्हणजे छुपे सोने ठरले.

आज अमेरिका, ऑस्ट्रेलिया, ब्राझील, भारत व पश्चिम अफ्रिका येथे झिरकॉन खनिजांचे विस्तृत साठे विकसित करण्याचे काम जोरात चालू आहे. पुष्कळदा, किनारी प्रदेशातील वाळू हा झिर्कोनिअमच्या खनिजाचा उत्कृष्ट प्रकार ठरतो. ऑस्ट्रेलियात ही अशी वाळू समुद्रकिनारी १५० कि. मी. लांब पसरलेली आहे. सोविएत संघातही झिर्कोनिअम खनिजाचे बरेच साठे अस्तित्वात आहेत.

दरवर्षी झिर्कोनिअमसाठी मागणी वाढत असून त्याच्या उपयोगाची नित्य नवी क्षेत्रे खुली होत आहेत. वायु शोषून घेण्याची त्याची क्षमता उच्च असल्यामुळे उद्दीप्त प्रकाशदीप व इलेक्ट्रॉन ट्यूबांमध्ये त्याचा वापर होतो. झळझळित ज्योत निर्माण करणाऱ्या फ्लेअरमध्ये झिर्कोनिअम धातूचे चूर्ण व एखादा ज्वलनशील पदार्थ वापरला जातो. ॲल्युमिनिअमचा वर्ख (अथवा पातळ पट्टी) जळतेवेळी जेवढा प्रकाश निर्माण होतो त्यापेक्षा ५० पट अधिक प्रकाश झिर्कोनिअमच्या जळत्या वर्खापासून निर्माण होतो पण ॲक्सिजन तेवढाच खर्च होतो. झिर्कोनिअमपासून तयार होणारे क्षणिक प्रकाशझोत फार सोयीस्कर असतात कारण ते अगदी अंगुस्तानाएवढे लहान करता येतात. अग्निबाणाचे तंत्रज्ञ झिर्कोनिअमच्या मिश्रधातूंमध्ये अधिकाधिक स्वारस्य दाखवीत आहेत. या मूलद्रव्यापासून तयार होणारे मिश्रधातु, नियमितपणे अवकाशात ये-जा करणाऱ्या भावी अवकाशयानांमध्ये वापरले जाण्याची मोठी शक्यता आहे.

झिर्कोनिअमची अल्कधर्मी संयुगे रेनकोटांवर दिल्या जाणाऱ्या थरांमध्ये वापरल्यामुळे ते उत्तम प्रकारे जलरोधक बनतात. छपाईची रंगित शाई, खास प्रकारची व्हार्निशे, आणि काही प्लॅस्टिक्स-प्रकार यामध्येही झिर्कोनिअमच्या अल्कधर्मी संयुगांचा वापर केला जातो. इंजिनांसाठी उच्च दर्जाचे इंधन तयार करण्याच्या कामी झिर्कोनिअमची संयुगे उत्प्रेरक म्हणून वापरली जातात. कातडी कमाविण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या रसायनांमध्ये झिर्कोनिअम सल्फेट संयुगे त्यांच्या उत्कृष्ट गुणधर्मांसाठी प्रसिद्ध आहेत.

झिर्कोनिअम टेट्राक्लोराईडच्या अंगी एक मोठा मनोरंजक गुणधर्म आढळतो. या संयुगाची विद्युत्वाहनक्षमता, दाबानुसार बदलते. अगदी अल्पशा दाबामुळे प्रवाह बदलू शकतो व उपकरणाचा काटा त्याची नोंद दाखवितो. या गुणधर्मावरच विद्युत्-दाब ऊर्जापरिवर्तक ऊर्फ ट्रान्सड्यूसर या उपकरणाची उभारणी असते. ते अत्यंत संवेदनशील असून

त्या-या साहाय्याने वातवरणाच्या एक-लक्षांश एवढा कमी दाब किंवा हजारोपट जास्त दाब मोजता येतो.

असे दाबविद्युत् परिणाम दाखविणारे स्फटिक (म्हणजेच, दाब अथवा ताण पडल्यामुळे त्याचे विद्युत्शक्तीत रूपांतर करणारे स्फटिक) अनेक रेडिओ-उपकरणांमध्ये वापरले जातात. कधी कधी त्याना उच्च तपमानातही कार्य करावे लागते. त्या दृष्टीने लेड झिर्कोनेटचे स्फटिक विशेष महत्त्वाचे ठरतात, कारण त्यांचे दाबविद्युत्विषयक गुणधर्म ३०० अंश से. तपमानापर्यंतही स्थिर राहतात.

आपण झिर्कोनिअमवर आपले लक्ष्य केंद्रित केले असले तरी त्याचे डायॉक्साइड संयुग दुर्लक्षित करता येणार नाही. झिर्कोनिअम डायॉक्साइड हे एक अत्यंत उष्णतारोधक द्रव्य असून त्याचा वितळणबिंदू २७०० अंश से. च्या आसपास आहे. उच्च उष्णतामानात टिकणारे साहित्य तयार करण्यासाठी व उच्च उष्णतेस दाद न देणाऱ्या काचांसाठी व लुकणांसाठी झिर्कोनिअम डायॉक्साइड अतिशय उपयोगी ठरते. पण झिर्कोनिअम बोराइड या संयुगाचा वितळणबिंदू तर आणखीनच वरचा आहे. म्हणूनच त्यापासून तापयुग्माच्या संरक्षक नलिका बनविल्या जातात. अशा तापयुग्मयुक्त नलिका २०-२५ तास जरी वितळलेल्या लोखंडात (लोखंडाच्या रसात) बुडवून ठेवल्या तरी काही बिघडत नाही. पोलादाच्या रसात त्या २-३ तास ठेवता येतात. (क्वार्टझच्या अशा नलिका २०-२५ सेकंदाच्या कालावधीसाठी एक किंवा दोन वेळेपुरत्याच बुडविता येतात).

झिर्कोनिअम डायॉक्साइड तापविले असता त्यातून अतिशय प्रखर प्रकाश बाहेर पडतो. यामुळेच हे संयुग प्रकाशक्षेत्रात वापरले जाते. २० व्या शतकाच्या अखेरीस हा गुणधर्म प्रथमतः वॉल्टर नर्न्स्ट या जर्मन भौतिक शास्त्रज्ञाच्या ध्यानात आला. त्याने एक दिवा तयार केला ("नर्नस्टचा दिवा" या नावाने तो प्रसिद्ध आहे). त्यातील प्रदिप्त कांड्या झिर्कोनिअम डायॉक्साइडच्या होत्या. आजही प्रयोगशाळातील काही प्रयोगासाठी हा पदार्थ वापरला जातोच.

फ्रान्समध्ये, सौर-उर्जेचा वापर करून झिर्कोनिअम डायॉक्साइडपासून झिर्कोनअम मिळविण्याची एक पद्धत तेथील शास्त्रज्ञानी विकसित केली आहे. प्रा. फेलिक्स ट्रॉंबी यांच्या मार्गदर्शनाखाली एका संशोधकगटाने सूर्य-भट्टी संरचित केली असून ती १७ व्या शतकातील मॉंटलुईस या जुन्या किल्ल्यात उभारली आहे. हा किल्ला पूर्व पायरेनीज पर्वतराजीत असून समुद्रसपाटीपासून १५०० मीटर उंच

आहे. या सूर्य-भट्टीचे कार्य कसे चालते ते एका चर्चासत्रात विशद करण्यात आले.

"सौर-झिर्कोनिअम" मिळविण्याच्या पद्धतीचे कार्य कसे चालते याचे विवरण या चर्चासत्रात भाग घेतलेल्या एका संशोधकाने पुढीलप्रमाणे केले :

"या सूर्यभट्टीतील अन्वस्ती आकाराचा जो भला मोठा आरसा आहे त्याच्या केंद्रभागी, एका फलाटाच्या साहाय्याने हे शुभ्रवर्णी चूर्ण सावकाश, कळत न कळत उचलले जाते. केंद्रबिंदूपाशी फलाट पोहचल्यावर उपस्थित शास्त्रज्ञांच्या व तंत्रज्ञांच्या अगदी डोळ्यांसमोर, डोळे दिपविणाऱ्या धगधगित शुभ्र ज्वाला निर्माण होतात.

ते शुभ्रवर्णी चूर्ण म्हणजे झिर्कोनिअम डायॉक्साइड असते व अन्वस्ती आकारातील आरशाच्या केन्द्रस्थानी हे चूर्ण ठेवले असता त्या ठिकाणी सूर्यकिरणे एकत्रित होऊन तपमान ३००० अंश से. होते व चूर्ण वितळते. हे सारे गडदरंगी काचेतून पाहणे आवश्यक आहे. फलाटावरील वितळलेल्या चूर्णाचा छोटासा ओहोळ म्हणजे पूर्वी कधीकाळी असणाऱ्या ज्वालामुखीतून बाहेर पडणारा लाव्हा रसच भासतो."

अनेक आरशानी मिळून तयार केला गेलेला एक १२ मीटर व्यासाचा खास परावर्तक या उपकरणात असून तो सूर्याबरोबर फिरत रहावा अशी सोय त्यात केली आहे. यामुळे तो सतत सूर्याकडे वळलेला राहतो व अन्वस्ती आरशावर सूर्यकिरण परावर्तित करतो. हा अन्वस्ती आरसा १० मीटर व्यासाचा असून तेथे केंद्रीभूत झालेले सूर्यकिरण भट्टीच्या तोंडात प्रवेश करतील अशी व्यवस्था आहे. या आरशाची औष्णिक क्षमता ७५ कि. वॅट एवढी आहे."

मॉंटलुईसपासून १० कि. मी. अंतरावर असणाऱ्या ओडिलो नामक लहानशा खेड्यात जगातील सर्वात मोठी सौरभट्टी कार्यान्वित आहे. तेथील रहिवाशी आपल्या खेड्यास "सूर्याची राजधानी" असे मोठ्या अभिमानपूर्वक म्हणतात. या राजधानीत येणाऱ्या पाहुण्याना जणू एखाद्या वैज्ञानिक चित्रपटासाठी उभारण्यात आलेल्या दृष्याचे चित्र पहावयास मिळते. एका जुन्या पुराण्या ख्रिस्तमंदिराशेजारी एक अत्याधुनिक व अनेकमजली इमारत उभारलेली असून तीमध्ये सौर-ऊर्जा प्रयोगशाळा स्थापन केलेली पहावयास मिळते. या इमारतीचा उत्तरेकडील संपूर्ण दर्शनी भाग म्हणजे ५० मीटर व्यासाचा प्रचंड अन्वस्ती आरसा आहे. इमारतीच्या विरुद्ध बाजूकडील पर्वताच्या उतरणीवर ओळीने उभारलेले कित्येक आरसे असून ते सूर्यानुरूप फिरत ठेवण्याची व्यवस्था आहे. त्यामुळे सूर्यकिरण अन्वस्ती आरशावरच परावर्तित केले जातात व ते केंद्रबिंदूपाशी एकत्रित होऊन भट्टीत ही शलाका नेली जाते व त्यायोगे भट्टीचे तपमान ३५०० अंश से. पर्यंत वाढते.

ही ओडेलो – फॉंट – रोम्यू भट्टी रोज जवळजवळ २.५ टन झिर्कोनिअम निर्माण करणारी आहे. (मॉंटलुईस येथील भट्टीमार्फत दररोज फक्त ६० कि. ग्रॅ. चे उत्पादन होते). परावर्तित होणाऱ्या सूर्यकिरणांमुळे जी उष्णता निर्माण होते ती १००० कि. वॅट विद्युत्शक्तीएवढी असते.

या सूर्यभट्टीचा मुख्य फायदा हा की धातु तयार करतेवेळी त्यात कोणत्याही प्रकारची अशुद्ध द्रव्ये मिसळली जाण्याची शक्यता नसते. त्यांचे तेथे अस्तित्वच नसते. यामुळे अशा भट्ट्यांमार्फत तयार होणाऱ्या धातु व मिश्रधातूना नेहमीच मागणी असते. दुसरा आणखी एक फायदा हा की दिलदार वृत्तीच्या सूर्याकडून मिळणारी ऊर्जा अगदी विनामूल्य असते.

या प्रकरणाचा शेवट करण्यापूर्वी एका गैरसमजूतीचे निराकरण करणे आवश्यक आहे. पृथ्वीच्या कवचात तांबे, निकेल, शिसे किंवा जस्त यापेक्षा झिर्कोनिअमचे प्रमाण अधिक आहे. तरीसुद्धा त्याची गणना "एक दुर्मिळ, दुष्प्राप्य धातु" म्हणून केली जाते. याचे कारण असे सांगता येईल की एके

काळी झिर्कोनिअमची खनिजे इतस्तत: विखुरलेली होती, त्यामुळे हा धातु तयार करणे दुष्कर होते. तसेच तांत्रिक क्षेत्रात झिर्कोनिअम हा एक खरोखरीच दुर्मिळ "पाहुणा" म्हटला पाहिजे. पण आजकाल झिर्कोनिअमचे उत्पादन वेगाने वाढत आहे आणि त्याचे नवनवे उपयोगही प्रचारात येत आहेत. यामुळे त्यास "दुर्मिळ" किंवा "दुष्प्राप्य" म्हणणे अन्यायकारक ठरेल. पण भूतकाळ काही विसरला जात नाही आणि झिर्कोनिअमला जर त्याच्या उत्पत्तीबाबत विचारले तर, त्याच्या दुर्मिळतेबाबत तो अभिमानपूर्वकच उत्तर देईल.

# १४. खोली क्र. ४१ मधील रहिवासी

आपण कुठे राहता? – मतभेद टाळण्यासाठी – शेजाऱ्यांचे कुतुहल – कोलंबिया नदीकाठावरून आलेले पुडके – १५० वर्षानंतर – दोन शोध – "आणखी काही प्रश्न विचार" – दुःखदेवतेच्या स्मरणार्थ – "कोलंबियनाना" परतवले – "जुळयाना" अखेर वेगळे केले – सारा सव्यापसव्य अखेर फायद्याचाच – चकाकते तिकडे लक्ष जाते – अपयशातून फायदा – निर्वात अवस्थेची मदत – थंडावस्थेची भीतीच नको – विरोध उरतच नाही – झिर्कोनिअमचा प्रतिस्पर्धी – वायूचा कर्दनकाळ – "जिव्हाळयाचा वैद्यकीय सेवक" – चलनाच्या क्षेत्रात? – भविष्य खरे ठरले!

गतशतकाच्या मध्यास अनेक रासायनिक मूलद्रव्ये शोधिली गेली. पण त्याना कोणताच आसरा नव्हता, राहण्यास जागा नव्हती. १८६९ पर्यंत ही परिस्थिती कायम होती. त्यावर्षी दुमित्री मेंदेलेयेव यानी त्यांच्या आवर्ती सारणीचा भव्य प्रासाद उभारला आणि तोपर्यंत शोधिल्या गेलेल्या मूलद्रव्याना त्यामध्ये आसरा दिला गेला.

या प्रासादातील जागांचे जेव्हा वाटप झाले तेव्हा त्यात राहणाऱ्याचे भावी कार्य किंवा सेवाकाल यांचा विचार झाला नाही, तर केवळ वैयक्तिक गुणविशेषच ध्यानात घेतले गेले. त्यामध्ये अणुभार सर्वात प्रथम विचारात घेतला गेला व त्याबरोबरच रहिवाशाचे नजिकच्या शेजाऱ्यांशी असलेले साधर्म्य आणि मिळतीजुळती वैशिष्टचेही पाहिली गेली. वेगवेगळे गुणधर्म आणि स्वभाव असणाऱ्या शेजाऱ्यांमधील मतभेद टाळण्यासाठी त्याना एकमेकांपासून जेवढया दूरवरच्या खोल्या देता येईल तेवढया दूर देण्यात आल्या.

या प्रासादातील ४१ क्रमांकाच्या जागेत राहण्यासाठी, निओबिअम या आकर्षक नावाच्या व्यक्तीने एक दिवस प्रवेश केला. ही खोली पाचव्या मजल्यावर (पाचवे आवर्त, सहावी ओळ) होती आणि तेथे प्रवेश करताच शेजाऱ्यांचे कुतुहल जागृत झाले: "कोण आहे बरे हा? तो कुठून आला असावा?"

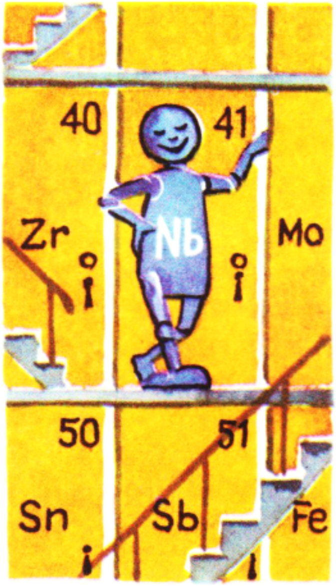
...सतराव्या शतकाच्या मध्याची हकिकत. उत्तर अमेरिकेतील कोलंबिया नदीच्या पात्रात, सोनेरी शिरा असणारा, वजनदार असा कृष्णवर्णी खनिज-प्रकार आढळला. जगातील इतर नमुन्यांबरोबर तो ब्रिटिश वस्तुसंग्रहालयाकडे पाठविण्यात आला पुढे १५० वर्षे हे खनिज (ज्यास पुढे कोलंबाइट म्हटले गेले) काचेच्या कपाटात लोहखनिजाचा एक प्रकार म्हणून पडून होते. १८०१ मध्ये चार्लस हॅचेट या प्रसिद्धीच्या झोतात आलेल्या शास्त्रज्ञाचे लक्ष त्या देखण्या खनिजाकडे वेधले गेले आणि त्याने त्याचे पृथक्करण केले. त्यात असे आढळले की या खनिजात लोहाचा अंश तर निश्चितच आहे, शिवाय मॅंगेनीज व ऑक्सिजनही आहे. पण एवढयावर काही संपले नाही. या साऱ्यांबरोबरच एक अज्ञात मूलद्रव्यही त्यात आढळले. त्याबाबत चाचणी घेतली असता आम्लधर्मी ऑक्साइड पदार्थ तयार झाल्याचे निष्पन्न झाले. हॅचेटने या नव्या मूलद्रव्याचे कोलंबिअम असे नाव ठेवले.

एक वर्षाने (१८०२ मध्ये) एकबर्ग या स्वीडनच्या शास्त्रज्ञास स्कॅंडेनेव्हियात सापडलेल्या काही खनिजांमध्ये आणखी एक नवे मूलद्रव्य आढळले. पुराणातील टॅंटालसच्या स्मरणार्थ एकबर्गने त्यास टॅंटालम असे नाव दिले. टॅंटॅलसला जशा यातना भोगाव्या लागल्या, त्याचप्रमाणे या नव्या मूलद्रव्याचे ऑक्साइड आम्लात विरघळविताना अनेक यातना शास्त्रज्ञांच्या अनुभवी आल्या. यातनांचे प्रतीक असणाऱ्या टॅंटॅलसचे नाव या भूमिकेतून ठेवले गेले. टॅंटॅलस आणि कोलंबिअम यांचे गुणधर्म एवढया कमालीचे मिळतेजुळते आढळले की बर्झेलिअससह अनेक रसायनशास्त्रज्ञानी निष्कर्ष काढला की दोन वेगवेगळया मूलद्रव्यांचा अभ्यास होत नसून एकाच, म्हणजे मुख्यत: टॅंटॅलमचाच अभ्यास केला जात आहे.

पुढे पुढे बर्झेलिअमला आपल्या वरील निष्कर्षाबाबत शंका येऊ लागली. जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ फ्रेडरिक वोलर या आपल्या शिष्यास लिहिलेल्या पत्रात तो म्हणतो: "मी तुझा "क्ष" पदार्थ (खनिज) परत पाठवित आहे. त्याला मी अक्कलहुषारीने जेवढे काही विचारता आले तेवढे विचारून पाहिले, पण प्रत्येक वेळी त्याने संदिग्ध उत्तरे दिली. "तू टायटॅनिअम आहेस का?" असे विचारता त्याने उत्तर दिले की, "वोलरने तुला सांगितले आहे की मी टायटॅनिअम नव्हे." ते सत्य असल्याचे मी वस्तुस्थितीनुसार ताडले. मी पुन्हा विचारले. "मग तू झिर्कोनिअम आहेस का?" तेव्हा तो उत्तरला. "नाही. मी सोडयात विरघळतों पण झिर्कोन मृत्तिका विरघळत नाही." "तुला कथील म्हणावयाचे काय?" यावर त्याने उत्तर दिले, "माझ्यात कथिलाचा अंश

असतो खरा पण अगदी अल्पसाच" "मग टँटालम?" "मी त्याच्याशी संबंधित खरा पण मी कॉस्टिक पोटॅशमध्ये हळूहळू विरघळतो आणि त्यापासून वेगळा झाल्यावर मला तपकिरी-पिवळा रंग मिळतो." अखेर मी त्रासून विचारले, "मग मी तुला काय समजू?" तेव्हा त्याने "माझे अद्यापी नावच ठेवले गेले नाही" असे काहीसे उत्तर दिल्याचे स्मरते खरे पण माझ्या उजव्या कानास कमी ऐकू येत असल्यामुळे तो नक्की काय म्हणाला ते समजले नाही. पण तुझी श्रवण-शक्ती माझ्यापेक्षा चांगली असल्यामुळे, या खोडकर प्राण्यास मी तुजकडे परत पाठवित आहे. तू त्यास आणखी काही प्रश्न विचारून नक्की माहिती काढून घे..."

पण या दोन मूलद्रव्यांमध्ये काय नाते असावे हे जाणून घेणे वोलेरलाही जमले नाही. अखेर १८४४ मध्ये हेन्रिक रोझ या जर्मन रसायनशास्त्रज्ञाने सिद्ध केले की कोलंबाइट या खनिजात टँटालम व कोलंबिअम ही दोन मूलद्रव्ये आहेत. रोझ याने या नव्या मूलद्रव्यास (कोलंबिअमला), ग्रीक पुराणातील दु:खाची देवता व टँटॅलसची मुलगी निओब हिच्या स्मरणार्थ "निओबिअम" हे नाव दिले. तथापि, काही देशांमध्ये (उदा. अमेरिका व ब्रिटनमध्ये) कोलंबिअम हे जुने नावच राखले गेले. नावांचा हा घोळ पुढे आंतरराष्ट्रीय संज्ञा संघटनेमार्फत संपविला गेला व जुने नाव त्याज्य करून जगातील साऱ्या रसायनशास्त्रज्ञानी निओबिअम याच नावाचा वापर करण्यास सुरुवात केली.




सुरुवातीस अमेरिकन व ब्रिटिश रसायनशास्त्रज्ञानी हा निर्णय उचित नाही असे समजून विरोध करण्याचा प्रयत्न केला खरा पण वरील संघटनेने दिलेली "शिक्षा" अखेरची होती व त्याविरुद्ध दाद मागण्याचा हक्कच ठेवला गेलेला नव्हता. अखेर कोलंबियनवाद्याना हार खावी लागली आणि निओबिअम हे नाव व "एन् बी" हे त्याचे रासायनिक चिन्ह सर्वच अमेरिकन व ब्रिटिश रासायनिक मुखपत्रांमध्ये दिसू लागले.

निओबिअम व टँटॅलम यांचे निसर्गात आढळणारे जुळे नाते आणि त्यांच्या गुणधर्मातील अती साम्य यामुळे त्यांचे औद्योगिक उत्पादन दीर्घकाळ लांबले. अखेर, अगदी उशीरा म्हणजे १८६६ मध्ये स्विस रसायनशास्त्रज्ञ जे. सी. गॅलिसर्ड द मेरिग्नॅक यास या रासायनिक "जुळयाना" वेगळे करण्याची, औद्योगिक स्वरूपाची पहिली रीत प्रत्यक्षात आणणे शक्य झाले. या मूलद्रव्यांच्या संयुगांची वेगवेगळ्या प्रकारे विरघळण्याची जी प्रवृत्ती असते त्यावर वरील रीत आधारलेली आहे. उदाहरणार्थ, टँटॅलिफ्ल्यूओराइड पाण्यात विरघळत नाही तर निओबिअमचे हे संयुग सहजगत्या विरघळते. अगदी अलिकडच्या काळापर्यंत मेरिग्नॅकच्या पद्धतीची सुधारित आवृत्ती प्रचारात होती. आज त्यापेक्षा अधिक प्रभावी व नव्या पद्धती वापरल्या जातात. त्या विवेचक निष्कर्षण, आयनांची अदलाबदल, हॅलॉइड विशोधन यावर आधारलेल्या आहेत.

१९ व्या शतकाच्या अखेरीस फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ हेन्री मॉइसन याने विद्युतऊष्मिक तंत्राचा

वापर करून निओबिअमची शुद्ध प्रत मिळविली. निओबिअम ऑक्साइडचे कार्बनच्या साहाय्याने विद्युत्भट्टीत क्षपण करून त्याने शुद्ध प्रत तयार केली.

आज धातुरूप निओबिअमचे उत्पादन म्हणजे अनेक टप्पे अंतर्भूत असणारी मोठी जटिल स्वरूपाची पद्धत झाली आहे. प्रथम निओबिअमचे खनिज संपन्न स्वरूपात तयार केले जाते. त्यानंतर ते विविध अभिवाट पदार्थांबरोबर (त्यामुळे वितळण्याची क्रिया प्रभावीपणे होण्यास मदत होते) भट्टीत वितळविले जाते. त्यावर विरंजन क्रिया केली असता अविद्राव्य असा निओबिअम व टँटॅलम हायड्रॉक्साइड यांचा साखा मिळतो. एकमेकांपासून ते वेगळे करण्यासाठी निओबिअम क्लोराईड किंवा ऑक्साइड वापरले जाते. उच्च तपमानात ह्या संयुगांचे क्षपण केले असता निओबिअम धातु चूर्णाच्या स्वरूपात मिळविणे शक्य असते व पुढे त्याचे सधन व प्रसरणशील अशा ठोकळ्यात रूपांतर केले जाते.

हे काम पुढीलप्रमाणे चालते. उच्च दाबाखाली प्रथम चूर्ण सधन करून चौकोनी किंवा लांबट चौकोनी कांबी तयार केल्या जातात. नंतर निर्वात अवस्थेत अनेक टप्प्यात त्यांच्यावर सिंटरीकरणाची (एकजीव बनण्याची) क्रिया केली जाते. यावेळी अखेरचे तपमान २३५० अंश से. पर्यंत पोहोचते. त्यानंतर निर्वात अशा विद्युत्कमानी भट्टीत ते टाकले जातात आणि तेथे निओबिअम खनिजाची धातूत रूपांतरणाची क्रिया पूर्ण होते.

काही वर्षांपूर्वी, इलेक्ट्रॉन-शलाकेच्या सहाय्याने वितळविण्याचे तंत्र अस्तित्वात आले असून दाब देण्याची. सिटंरीकरणाची किचकट व अति कष्टदायक कामे करण्याची आवश्यकता नाहीशी झाली आहे. अत्यंत तीव्र स्वरूपाची इलेक्ट्रॉन-शलाका निओबिअमच्या चूर्णावर केंद्रित केली जाते व त्यायोगे चूर्ण वितळते. निओबिअमचे थेंबथेंब खाली पडू लागतात व ठोकळा क्रमाक्रमाने वाढत जातो. ठोकळा पुरेशा आकारचा तयार झाला की तो भट्टीतून काढून घेतात.

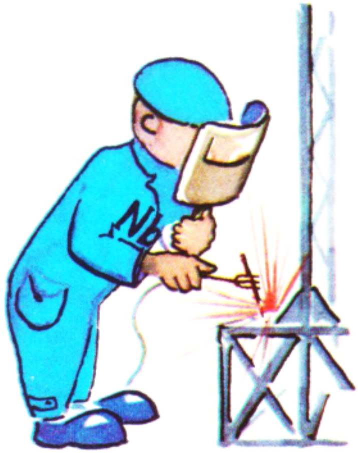
आता तुमच्या ध्यानात आलेच असेल की धातूमध्ये रूपांतर होईपर्यंत निओबिअमच्या खनिजास केवढा तरी लांबलचक मार्ग पार करावा लागतो. पण हा सारा सव्यापसव्य करणे अखेर फायद्याचेच असते. आज उद्योगक्षेत्रात निओबिअमला मोठी मागणी आहे. खरा विरोधाभास हा की या धातूने आपली कारकीर्द कचऱ्याच्या ढिगांपासून सुरू केली. पूर्वीच्या काळी, कथिलातील एक नकोसे अशुद्ध द्रव्य म्हणून त्याकडे पाहिले गेले आणि कथिलाच्या खनिजाचे उत्पादन चालू असता निओबिअमयुक्त निरूपयोगी माती ढिगाऱ्याने साचत गेली. औद्योगिक जग जरी टँटॅलममध्ये स्वारस्य घेत होते तरी "निरूपयोगी" ठरलेले निओबिअमयुक्त खडक वाळीतच टाकले जात होते. पण म्हणतात ना, चकाकते तिकडे लक्ष जाते मग ते नकली का असेना. अखेर निओबिअमचे महत्त्व जेव्हा ध्यानात आले तेव्हा हाच कचरा निओबिअमच्या खनिजांचा मौल्यवान साठा ठरला.

१९०७ मध्ये जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ डब्ल्यू.

फॉन बोल्टन याने सघन स्वरूपात निओबिअम धातु तयार केला तेव्हा त्याच्या इतर उच्च वितळण-बिंदू असणाऱ्या भावंडांप्रमाणेच निओबिअमही विद्युत्‌दीपाच्या तारेसाठी वापरण्याचे प्रयत्न झाले. पण पूर्वी उल्लेख केल्याप्रमाणे या कामासाठी टंगस्टनच योग्य ठरले आणि इतराना आपले नशीब इतर क्षेत्रात धुंडाळावे लागले.

१९२५ मध्ये मिश्रधातूंचे एक घटकद्रव्य म्हणून निओबिअम वापरण्याचा प्रथमच प्रयत्न झाला. उदाहरणार्थ, अमेरिकेत टंगस्टनला पर्यायी म्हणून त्याचा शीघ्रगती पोलादात वापर करण्याचे प्रयोग केले गेले. हे प्रयोग असफल ठरले खरे पण त्यामुळे एक फायदा मात्र झाला, तो हा की धातुशास्त्रज्ञांचे लक्ष्य निओबिअमकडे वेधले.

१८३० मध्ये निओबिअमचा जागतिक साठा (तार, पत्रा, इ. स्वरूपातला) किती होता तर... अवघा १० कि. ग्रॅ! पण हळूहळू या धातूकडे लक्ष वेधले गेले आणि परिणामी त्याच्या उत्पादनात नाटयपूर्ण वाढ होत गेली. पोलादासाठी आवश्यक असे ते जणू "जीवनसत्त्व"च असल्याचे सिद्ध झाले. क्रोमिअमयुक्त पोलादात निओबिअम मिसळले असता त्याच्या तंतुक्षमतेत व गंजरोधकतेत वाढ झाल्याचे दिसून आले. असंही दाखवून दिले गेले की स्टेनलेस स्टील




व संरचनेच्या उपयोगाचे पोलाद यात निओबिअम वापरले असता (१ टक्क्यापर्यंत) कणांभोवती क्रोमिअम कार्बाईड साचत जाण्याची प्रवृत्ती रोखली जाते व त्यामुळे कमी तपमानात होणारे आघात-परिणास उत्तमरीत्या रोखले जातात. असे पोलाद-प्रकार आलटूनपालटून येणाऱ्या ताणामध्ये उत्तम-प्रकारे टिकू शकतात. विमान-उद्योगात या गुणधर्मास फारच महत्त्व असते.

वितळजोडाच्या कामी निओबिअमला एक महत्त्वपूर्ण कामगिरी करावयाची होती. जोपर्यंत नेहमीच्या पोलादाचे जोडकाम केले जात होते तोपर्यंत या पद्धतीमुळे कोणताच खास प्रश्न उद्‌भवत नव्हता. पण जेव्हा स्टेनलेस स्टीलसारख्या गुंतागुंतीच्या रासायनिक गुणधर्मांच्या मिश्रधातूंच्या बाबतीत जोडकाम करण्याची वेळ आली तेव्हा मात्र दृष्टीस आले की जोडाचे मूळ धातूशी साधर्म्य असणारे महत्त्वाचे व उपयुक्त गुणधर्म नाहीसे होतात. अशा जोडांची गुणवत्ता कोणत्या प्रकारे वाढविणे शक्य आहे? जोडकाम करणाऱ्या उपकरणाची रचना बदलून काही फरक पडतो ते पाहिले गेले, पण व्यर्थ. जोडकामासाठी वापरल्या जाणाऱ्या विद्युत्‌कांडचाचे घटकही बदलून पाहिले गेले. पण त्याचा काही उपयोग झाला नाही. जोडकाम अक्रियाशील वायूंमध्ये करण्याचे प्रयत्न झाले पण दोष कायम राहत असे. या वेळी अखेर निओबिअम मदतीस धावले. ज्या पोलादात निओबिअम वापरलेले असते त्याच्या बाबतीत जोडाच्या दर्जाबाबत मुळीसुद्धा भीती न बाळगता जोडकाम शक्य असते आणि जोडल्या जाणाऱ्या मूळ धातूंपेक्षा जोडाची गुणवत्ता कोणत्याच प्रकारे कमी नसते.

आजपावेतो, उच्च तपमानात वितळणाऱ्या दोन धातूंचे जोडकाम करण्यात मोठ्याच अडचणी उभ्या होत्या. उदाहरणार्थ, निओबिअम व मॉलिब्डेनम असा जोड साधावयाचा होता. यावर निर्वात अवस्थेत जोडकाम करणे हेच उत्तर होते. याबाबतीत असे आढळले की निर्वात अवस्थेत अनेक धातूंचे वितळणबिंदू, नेहमीपेक्षा कितीतरी

कमी झालेले असतात. या वस्तुस्थितीचा शास्त्रज्ञानी लगेच फायदा घेतला. उच्च वितळणबिंदू असणाऱ्या धातूंचे निर्वात अवस्थेत जोडकाम करून उत्कृष्ट निष्कर्ष मिळतात.

एक मिश्रधातूंचा घटक म्हणून अलोहित धातुविज्ञानाच्या क्षेत्रात निओबिअमचा विस्तृत वापर होतो. उदाहणार्थ, अल्कद्रव्यांमध्ये ॲल्युमिनिअम सहजगत्या विरघळते, पण केवळ ०.०५ टक्के निओबिअमयुक्त ॲल्युमिनिअम अल्कद्रव्यांशी प्रक्रिया पावत नाही. निओबिअम मिसळण्यामुळे तांब्याची व त्याच्या मिश्रधातूंची कठीणता उत्तम प्रकारे वाढते तर टायटॅनिअम, मॉलिब्डेनम आणि झिर्कोनिअम यांच्या ताकदीत व उष्णतारोधकतेत वाढ होते. कमी तपमानात अनेक मिश्रधातु व पोलादप्रकार अगदी काचेप्रमाणे ठिसूळ बनतात. असे दिसते की निओबिअममुळे हा प्रकार रोखला जातो. ०.७ टक्के निओबिअम मिसळल्यास शून्याखाली अगदी ८० अंश से. तपमानात धातु ताकदवान राहतात. खूप उंचीवरील गोठविणाऱ्या हवामानातून जाणाऱ्या जेट विमानाच्या भागांसाठी हा गुणधर्म विशेष महत्त्वाचा आहे.

इतर मूलद्रव्यांशी मैत्री जोडण्याच्या बाबतीत निओबिअम फारच पटाईत आहे. अमेरिकेच्या वेस्टिंगहाऊस कंपनीचे एका ग्राहकासाठी निओबिअमच्या अतिशुद्ध प्रतीचा पुरवठा केला. पण हे निओबिअम २४६८ अंश से. या प्रमाणित तपमानास न वितळता २५०० अंशापेक्षाही अधिक तपमान वाढवावे लागले. त्या ग्राहकास याचे फारच आश्चर्य वाटले. पुढे प्रयोगशाळेत या प्रतीचे रासायनिक पृथक्करण केले असता दिसून आले की या "अतिशुद्ध" प्रतीमध्ये झिर्कोनिअमचा अल्पसा अंश आलेला आहे. या घटनेतूनच पुढे निओबिअम-झिर्कोनिअम या अत्युच्च उष्णतारोधक मिश्रधातूचा जन्म झाला.

निओबिअममध्ये इतर धातु मिसळण्यामुळे खुद्द निओबिअमच्या महत्त्वपूर्ण गुणधर्मातही वाढ होते, किंवा नवीन गुणधर्म त्यास प्राप्त होतात. टंगस्टन व मॉलिब्डेनमुळे धातुरूप निओबिअमची उष्णतारोधकता वाढते तर ॲल्युमिनिअममुळे ते अधिक ताकदवान बनते. तांब्यामुळे त्याची विद्युतवाहकता चांगलीच सुधारते. वास्तविक शुद्ध निओबिअमची विद्युत्वाहकता तांब्याच्या एक-अष्टमांश एवढीच आहे. मात्र, २० टक्के तांबे असणारा तांबेनिओबिअम हा मिश्रधातु उच्च विद्युत्वाहकता असणारा तर असतोच शिवाय निव्वळ तांब्यापेक्षा तो दुप्पट ताकदवान आणि कठीण असतो. टँटालमशी त्याची दोस्ती जमली असताना, १०० अंश से. तपमानातील. हायड्रोक्लोरिक व सल्फ्यूरिक अम्लाचे परिणाम रोखण्याची क्षमता त्याच्या अंगी येते.

जेट इंजिनाच्या टर्बाइन यंत्रातील पाती उच्च तपमानात काम करतात व अशा परिस्थितीत त्यांची ताकद टिकून राहणे आवश्यक असते. पात्यांसाठी ज्या मिश्रधातूचा वापर होतो त्यामध्ये निओबिअमचा वापर अपरिहार्य ठरतो. श्राव्यातीत जेट विमानांमध्ये, अवकाश अग्निबाणांमध्ये तसेच कृत्रिम उपग्रहातील काही भागांसाठी निओबिअमयुक्त मिश्रधातूंचा व शुद्ध निओबिअमचा वापर केला जातो.

काही वर्षांपूर्वी अतिसंवाहकता हा आविष्कार भौतिकशास्त्रापुरताच मर्यादित होता. आज मात्र या आविष्काराने हे मर्यादित क्षेत्र ओलांडले असून अनेक संधी असणाऱ्या तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात प्रवेश केला आहे. हा अतिसंवाहकता म्हणजे काय प्रकार आहे ?

सुमारे ५० वर्षांपूर्वीच्या काळात असे आढळून आले की अत्यंत कमी तपमानात काही धातु, मिश्रधातु आणि रासायनिक संयुगे यातून, कोणताही ऱ्हास न होता विद्युत्प्रवाह वाहण्यास सुरुवात होते. थोडक्यात, विद्युत्प्रवाहास कोणताच विरोध उरत नाही. पण हा परिणाम साधण्यासाठी तपमान अगदी केवळ शून्य अंश केल्व्हिनपर्यंत म्हणजेच उणे २७३ अंश से. एवढे कमी करणे जरूरी असते. सर्व साहित्यामध्ये, निओबिअम व कथील यांचे संयुग ऊर्फ निओबिअम स्टॅनाइड याचे अत्याधिक आणि म्हणूनच सहजगत्या साधता येणारे तपमान असून त्या तपमानात (१८ केल्व्हिन किंवा – २५५ अंश से.) अतिसंवाहकतेचा आविष्कार दिसावयास लागतो. या दोन मूलद्रव्यांपासून तयार केलेली अतिसंवाहक वेटोळी चुंबकासाठी वापरल्यास त्यायोगे प्रचंड चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. १६ सें. मी. व्यासाच्या व ११ सें. मी. उंचीच्या चुंबकात या मिश्र धातूच्या फितीचे वेटोळे ठेवले असता त्यामार्फत १००००० ओर्स्टेड एवढ्या तीव्रतेचे क्षेत्र निर्माण होते. तुलनेसाठी एक वस्तुस्थिती लक्षात घ्या की पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र मात्र अनेक ओर्स्टेड एवढेच भरते.

शुद्ध निओबिअमचे सुद्धा असेच उपयोग तांत्रिक क्षेत्रात केले जातात. त्याच्या उत्कृष्ट दर्जाच्या गंजरोधकतेमुळे ते रासायनिक क्षेत्रात वापरले जाते. एक ध्यानात घेण्याजोगी परिस्थिती ही की हायड्रोक्लोरिक आम्लाच्या उत्पादनात ते जेव्हा विविध उपकरणे व नळासाठी वापरले जाते तेव्हा ते उत्प्रेरकाचेही काम बजावते, त्यामुळे संहत अम्लाचे उत्पादन होऊ शकते. केवळ उत्प्रेरक म्हणूनही निओबिअम वापरले जातेच. उदाहरणार्थ ब्यूटाडाएनपासून संश्लेषित पद्धतीने अल्कोहोल तयार करतेवेळी उत्प्रेरक म्हणून निओबिअम वापरले जाते.

अणुभट्ट्यांमध्ये निओबिअमचे महत्त्वाचे उपयोग असून झिर्कोनिअमबरोबर त्याचा वापर होतोच, पण कधी कधी ते झिर्कोनिअमशी उत्तम प्रकारे स्पर्धाही करते. झिर्कोनिअमप्रमाणेच या धातूच्या अंगी न्यूट्रॉन-पारदर्शकता, उच्च वितळणबिंदू, उत्तम उष्णतारोधकता, रासायनिक परिणामास रोखणारा अत्युकृष्ट गुणधर्म असून तांत्रिक गुणधर्मांच्या बाबतीतही ते तेवढेच उत्कृष्ट दर्जाचे आहे. या धातूचा आणखी एक विशेष गुणधर्म हा की द्रवरूप (वितळलेल्या अवस्थेतील) अल्कधर्मी धातूंबरोबर त्याची जवळजवळ कोणतीच प्रक्रिया होत नाही. काही प्रकारच्या अणुभट्ट्यात वितळलेले सोडिअम व पोटॅशिअम यांचा शीतनक म्हणून वापर केला जातो. असे शीतनक, निओबिअमच्या नळांमधून कोणतेही दुष्परिणाम न होता खेळविले जातात. प्रवर्तित किरणोत्सार टिकवून धरण्याबाबत निओबिअमची क्षमता उच्च नाही व त्यामुळेच, किरणोत्सार कचरा साठविण्याच्या टाक्यांसाठी हा धातु वापरता येईल किंवा या कचऱ्याचा वापर करणाऱ्या कारखान्यात तो उपयोगी पडेल.

निओबिअमचा आणखी एक उपयुक्त गुणधर्म हा की वायू शोषून घेण्याची फार तीव्र प्रवृत्ती त्याच्या अंगी आढळते. नेहमीच्या तपमानात १ ग्रॅम निओबिअममार्फत १०० घन सें. मी. हायड्रोजन शोषून घेतला जातो. अगदी ५०० अंश से. तपमानात देखील दर ग्रॅममागे ७५ घन सें. मी. हायड्रोजन शोषित केला जातो. उच्च निर्वातावस्था असलेल्या इलेक्ट्रॉन नळ्या तयार करण्यासाठी या गुणधर्माचा वापर फार प्रभावी ठरतो. नळ्या जेव्हा निर्वात केल्या जातात तेव्हाही त्यामध्ये थोडाफार वायु शिल्लक राहतो व तेवढ्यामुळेही त्यांच्या दर्जेदार कामात अडथळा निर्माण होण्याची शक्यता असते. अशावेळी नळ्याच्या घटकावर थोडेसे निओबिअम असल्यास वायूंचा उरलासुरला अंशही

स्पंजाप्रमाणे शोषून घेतला जातो आणि उच्च दर्जाच्या निर्वातावस्थेची हमीच मिळते. टँटॅलम किंवा टंगस्टनपासून बनविण्यात येणाऱ्या घटकांपेक्षाही निओबिअमचे घटक कमी खर्चाचे ठरून त्यांचे उपयुक्त आयुष्यही कितीतरी वाढते. निओबिअमचे ऋणाग्र असणाऱ्या प्रेषक-नळयांचा उपयुक्त आयुष्यकाल जास्तीत जास्त १०००० असतो.

टँटॅलमप्रमाणेच निओबिअमचाही मानवी उतींवर कोणताही परिणाम घडत नाही. त्यांची निओबिअमच्या सान्निध्यातही नेहमीप्रमाणेच वाढ होत राहते आणि शरिरातील द्रवपदार्थांची दीर्घकाल प्रक्रिया जरी चालू असली तरी हा धातु त्यासध्ये निष्क्रीयच राहतो. या गुणधर्मांमुळे, शल्यकर्म विशारदाचे लक्ष निओबिअमकडे वेधले असून त्याकडे "एक जिव्हाळयाचा वैद्यकीय सेवक" म्हणून पाहण्यास मुळीच हरकत नाही.

चलन विनिमयासाठी निओबिअमचा उपयोग होऊ शकेल का याचा उशिरा का होईना. पण गंभीरपणे विचार सुरू झाला आहे. रूप्याचा तुटवडा लक्षात घेता अमेरिकन भांडवलदारांचा असा अंदाज आहे की नजिकच्या भविष्यकाळात नाण्यांसाठी निओबिअमचा वापर होणे अगदी शक्य आहे. कारण जवळजवळ रूप्याएवढीच त्यास किंमत पडते.

निरनिराळया ठिकाणांहून उपलब्ध झालेल्या माहितीचे जर पृथक्करण केले तर असे दिसते की गेल्या काही दशकात पृथ्वीच्या कवचातील निओबिअमचे प्रमाण 'वाढतच' आहे. या धातूचा प्रत्यक्ष साठा साहजिकच आहे तेवढाच राहणार यात शंका नाही पण शोध घेतलेले साठे सतत वाढत आहेत. गेल्या काही वर्षात निओबिअमचे मोठाले साठे अफ्रिकेत दृष्टोत्पत्तीस आले आहेत. कोलंबाइट खनिजांचे विस्तृत साठे असणाऱ्या नायजेरियामार्फत जागतिक बाजारपेठेत निओबिअमचा विपुल पुरवठा होईल.

सोविएत संघामध्ये असणारे कोला द्वीपकल्प म्हणजे खनिजांचा खजिनाच असे यथायोग्य समजता येईल. कित्येक युगे हा प्रदेश उजाड आणि निरुपयोगी समजला गेला असला तरी अगदी १७६३ मध्ये मिखाईल लमानोसव यानी जे भविष्यसूचक उद्गार काढले ते मनन करण्यासारखे आहेत. ते म्हणतात, "उत्तरेकडील भूभागही निसर्गाच्या देणगीने संपन्न आहे असे अनुमान काढण्यास मला सबळ पुरावे आढळतात. तसेच पांढऱ्या समुद्राचे किनारेही खनिजानी संपन्न असेच आहेत." सोविएत सत्तेच्या काळात कित्येक महत्त्वाचे खनिजसाठे उघडकीस आणले गेले आणि त्यामध्येच निओबिअमचा ८ टक्के अंश असणाऱ्या लोपॅराइट नामक खनिजाचाही अंतर्भाव आहे. एक कुतुहलाची वस्तुस्थिती अशी की अलेक्झांडर फर्ममान या कोला द्वीपकल्पाच्या संशोधकाना खिबिनी पर्वतराजीत सापडलेल्या या खनिजाचे अस्तित्व पृथ्वीतलावर इतरत्र कोठेही आढळत नाही.

"श्री. निओबिअम" अशी पाटी असणाऱ्या खोली क्रमांक ४१ मध्ये राहणाऱ्या रहिवाशाबद्दल हे एवढे सांगण्यासारखे आहे..

# १५. लोहमित्र मॉलिब्डेनम

मसालेदार पदार्थांशिवाय अशक्यच – एका गृहीत नावाने – प्राचीन ग्रीकानी केलेली चूक – हरकतीपूर्वक – १६०० मजल्यांची गगनचुंबी इमारत – सपाट रस्त्यावरील अपघात – केशरचनाकारांतर्फे उपयोग – टंगस्टन तारांची बैठक – जादा बळकटपणा आणलेले साहित्य – काच स्वतःचा रंग बदलते – खरे मित्र – सामुराई तलवारींचे रहस्य – रणगाडे अभेद्य ठरले ! – दाढीचे पाते – सजातीय पक्षी एकत्रित उडतात – थंडतम परिस्थितीची भीतीच नाही – मानवी "सुटे भाग" – वाटाण्यांचा आवडता – "ताम्रशीर्ष मंडळ" संघटित का ? नकोसे पाहुणे – मर्यादाशील स्थान – "युद्धाचा" धातु – उंच पर्वतावर – लाखो मीटर लांबीची तार – रत्नभांडाराची चावी कुठे आहे .

एखादा चवदार पदार्थ बनविण्यासाठी गृहिणी त्यामध्ये मसाल्याचे निरनिराळे पदार्थ वापरते. पोलादास उत्कृष्ट गुणधर्म प्राप्त व्हावेत म्हणून पोलाद कारखानदारही निरनिराळे धातु त्यात मिसळतात.

मसाल्याचा प्रत्येक पदार्थ विशिष्ट स्वाद व गंध पदार्थास देतो. एखाद्यामुळे पदार्थ चवदार होतो तर दुसऱ्यामुळे तो सुगंधी व भरपूर खाण्याजोगा होतो. तिसरा त्यास खमंग बनवितो. मसाल्याचे पदार्थ काय काय करतात ते सारे सांगणे कठीणच. पण पोलादात क्रोमिअम, टायटॅनिअम, निकेल, टंगस्टन, मॉलिब्डेनम, व्हॅनॅडिअम, झिर्कोनिअम इत्यादी मूलवव्ये मिसळण्यामुळे त्यास जे महत्त्वपूर्ण गुणधर्म प्राप्त होतात ते सांगणे तर त्याहीपेक्षा कठीण आहे.

हे प्रकरण मॉलिब्डेनम धातु हाताळणार आहे. लोखंडाचा एकनिष्ठ सहकारी म्हणून मॉलिब्डेनमकडे नेहमी बोट दाखविले जाते.

कार्ल विल्हेम शील या स्वीडनच्या रसायनशास्त्रज्ञाने १७७८ मध्ये मॉलिब्डेनमचा शोध लावला. "मॉलिब्डॉस" या ग्रीक शब्दावरून हे नाव त्यास दिले गेले हे काही अनैसर्गिक नव्हे. एखाद्या नव्या मूलद्रव्याच्या नामकरणापूर्वी कित्येक रसायनशास्त्रज्ञ ग्रीक शब्दकोश पहात असत. पण आश्चर्याची बाब ही की "मॉलिब्डॉस" चा अर्थ शिसे ऊर्फ लेड असा होतो. पण मॉलिब्डेनम अशा गृहित अर्थाने का ओळखले जावे? शिशाकडून त्याने उसनवारी का करावी?

तथापि, याचे स्पष्टीकरण सोपे आहे. प्राचीन ग्रीक लोकाना शिशाचे खनिज "गॅलेना मॉलिब्डेना" या नावाने परिचित होते. पण फुटक्यातुटक्या शिशाचे जणू प्रतिबिंब असलेले मॉलिब्डेनाइट नावाचे खनिजही अस्तित्वात होतेच. यामुळे ग्रीकांचा गोंधळ झाला व त्यांची अशी समजूत झाली की दोन्ही खनिजे एकच आहेत, म्हणजेच मॉलिब्डेनच आहेत. इतर देशातील रसायनशास्त्रज्ञानीही हेच मत उचलून धरले. शीलही, नव्या खनिजात त्यास जेव्हा नवे मूलद्रव्य आढळले तेव्हा त्याला मॉलिब्डेनम म्हणून मोकळा झाला.

१७८३ मध्ये स्वीडनचाच रसायनशास्त्रज्ञ पी. एच. जेम यास धातुरूप चूर्णाच्या स्वरूपात हे मूलद्रव्य वेगळे करण्यात यश मिळाले, पण त्यामध्ये कार्बाईड संयुगे अशुद्ध द्रव्ये म्हणून आलेली होती. शुद्ध मॉलिब्डेनम मिळविणे पुढे १०० वर्षानीच शक्य झाले.

आवर्ती सारणीतील आपल्या इतर सोबत्यांप्रमाणेच मॉलिब्डेनमलाही कोणतेच अशुद्ध द्रव्य आलेले खपत नाही आणि जर आलेच तर त्यास हा धातु चांगलीच हरकत घेतो. आपल्या गुणधर्मात आमुलाग्र बदल करून हा धातु आपला राग व्यक्त करतो. एक टक्क्याच्या काही हजारांश किंबहुना काही दशहजारांश भागाएवढ्या नायट्रोजन किंवा ऑक्सिजनमुळे तो ठिसूळ बनतो. मॉलिब्डेनमवर यांत्रिक कामे करणे अशक्य आहे असे विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीच्या अनेक ग्रंथात लिहिलेले सापडते त्याचे हे कारण होते. प्रत्यक्षात वस्तुस्थिती मात्र अशी आहे की हा धातु अतिकठीण असूनही तो बऱ्यापैकी तंतुक्षम आहे आणि त्यावर रूळांच्या साहाय्याने आकार देणे व ठोकून घडविणे तुलनात्मकदृष्ट्या सोपे असते.

मॉलिब्डेनमच्या सेवेची नोंद कित्येक शतकांपूर्वीची असून पाट्यांवरील पेन्सिलींसाठी मॉलिब्डेनाइट खनिजाचा वापर होत असे. (कुतुहलाची गोष्ट अशी की आजही ग्रीक भाषेत पेन्सिल या अर्थी "मॉलिब्डॉस" असा शब्द वापरला जातो.) ग्राफाईटप्रमाणेच मॉलिब्डेनममध्येही एकावर एक याप्रमाणे ढलपा रचलेल्या असून अशा १६०० ढलप्या एकावर एक याप्रमाणे ठेवल्या तर जणू १६०० मजल्यांची गगनचुंबी इमारतच उभारली गेली असे म्हटले तरी चालेल, पण या इमारतीची उंची किती असेल तर अवघी एक मायक्रॉन! या पत्रीमय (ढलप्यांच्या) रचनेमुळेच मॉलिब्डेनाइट-च्या साहाय्याने लिहिणे-रेखाटणे शक्य झाले असून त्यामुळे कागदावर हिरवट-भुऱ्या रंगातील रेषा उमटतात.

आज आपल्याला मॉलिब्डेनाइट वापरता येणाऱ्या पाट्या-पेन्सिली पहावयाससुद्धा मिळणार नाहीत. संपूर्ण पेन्सिल-उद्योगावर ग्राफाईटचे वर्चस्व आहे. तथापि, मॉलिब्डेनाइटचा उपयोग होणारे वेगळेच क्षेत्र उपलब्ध झाले आहे. पण त्याबाबत चर्चा करण्यापूर्वी कित्येक वर्षांपूर्वी घडलेल्या एका प्रसंगाची हकिकत सांगणे जरूरी आहे.

जपरोझेज मोटारींचा एक गट सेंफिरोपल गावातील रस्त्यावर तपासला जात होता. चाचण्यांचे सर्व काम तसे अगदी सुरळित चालले होते पण एकाएकी एक मोटार सरळ, सपाट रस्त्यावरून चालली असूनही उलटीपालटी झाली. सुदैवाने त्यात बसलेल्या निरिक्षकाना कोणतीच इजा झाली नाही. या अपघाताचे कारण काय असावे हे ध्यानातच येईना आणि अखेर ती मोटार जेव्हा तोडूनफोडून पाहिली तेव्हा उलगडा झाला. मोटारीतील एक संक्रमक दातेरी चक्र पोलादी नलिकेत सहजगत्या किंवा मुक्तपणे फिरण्याऐवजी त्यात घट्ट अडकून पडले होते. साहजिकच या नव्या गतिरोधकाने आपले काम तात्काळ बजाविले!

असे अपघात पुढे टळावेत यासाठी योग्य प्रकारचे

वंगण वापरणे आवश्यक ठरले. या ठिकाणी मॉलिब्डेनाइटची पत्री अथवा ढलपे निघण्याची प्रवृत्ती कामी आली. दंतचक्र पेटीतील एकमेकांवर घासणाऱ्या भागासाठी हे ढलपे मोठे विश्वसनीय वंगण असते.

उत्तम दर्जाच्या घनस्वरूपी वंगणाचा पोलादी भागांवर सूक्ष्म व परिणामकारक थर देण्यासाठी केवळ २ टक्के मॉलिब्डेनाइट असणाऱ्या द्रावात हे भाग बुडविले म्हणजे झाले. पण या वंगणाचा एक वाईट शत्रू आहे व तो म्हणजे उच्च तपमान. जेव्हा मॉलिब्डेनम डायसल्फाइट (मॉलिब्डेनाइट) तापते तेव्हा त्याचे रूपांतर मॉलिब्डेनिक अनहायड्राइटमध्ये होते व ते जरी निरूपद्रवी असले तरी त्यामध्ये वंगणकारक गुणधर्माचा आभाव असतो. यावर उपाय?

या बाबतीत असा उपाय आढळला की वेगवेगळे भाग डायसल्फाइडमध्ये बुडविण्यापूर्वी त्यावर उष्ण फॉस्फेटची मज्जन क्रिया (बुडविण्याची) करणे जरूरी आहे. यामुळे डायसल्फाइडचे कण फॉस्फेट थराच्या सूक्ष्म छिद्रात शिरतात आणि अतिशय पातळ स्वरूपाचा वंगण-पापुद्रा साहित्यावर निर्माण होतो. हा थर, दर चौरस से. मी. वर कित्येक टनांचा दाब सहन करणारा असतो. अशा प्रकारचे वंगणथर दिलेल्या पुंगळ्या ऊर्फ मायण्यांवर अत्यंत कडक परिस्थितीत चांचण्या घेतल्या गेल्या पण एकाही उदाहरणात यांत्रिक भाग एकमेकात घट्टपणे अडकले आहेत असा अनुभव आला नाही. त्यानंतर जपरोझेज मोटारी देश ओलांडून सर्व दिशाना झेपावू लागल्या पण दंतचक्र-पेटीत काही बिघाड होऊन वाहनचालकावर दुर्धर प्रसंग ओढविल्याचा एकही प्रसंग उद्‌भवला नाही.

पोलादी पृष्ठभागांवर वंगणाचा थर देणे हे एवढेच काम काही मॉलिब्डेनाइट करीत नाही. उदाहरणार्थ, कातरण्याच्या कामाची हत्यारे वा साधने यांवर जर मॉलिब्डेनाइटचा थर दिला तर ती अधिक ताकदवान आणि टिकावू बनतात. या आश्चर्यकारक गुणधर्माचा केशभूषा कलाकारानी

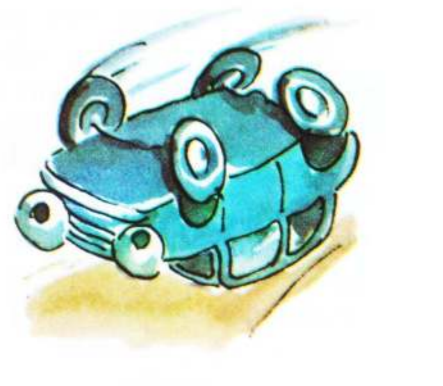
ताबडतोब उपयोग करून घेतला. पण मॉलिब्डेनमकडे थोडे वळू या.

उच्च वितळणबिंदू आणि अगदी कमी प्रसरणांकामुळे विद्युत्‌अभियांत्रिकी, रेडियोइलेक्ट्रॉनिक्स व उच्च तपमान तंत्रक्षेत्रात मॉलिब्डेनमचा विस्तृत उपयोग केला जातो. नेहमीच्या विद्युत्‌दीपातील टंगस्टन तार मॉलिब्डेनमच्या खोबणीतच बसविलेली असते. हाच प्रकार इलेक्ट्रॉन व क्ष-किरण नळयात पहावयास मिळतो. उच्च तपमान निर्माण करणाऱ्या निर्वात रोधकभट्‌ट्यात मॉलिब्डेनमची वेटोळी वापरलेली दिसतील.

युक्रेनियन शास्त्र आकादमीच्या साहित्यअभ्यास संस्थेमध्ये अतिशय मौलिक स्वरूपातील जादा बळकटपणा आणलेले साहित्य विकसित केले गेले आहे. त्यामध्ये तंतुक्षम अशा ॲल्युमिनियम, तांबे, निकेल, कोबाल्ट अथवा टायटॅनिअम यांचा पायाभूत धातु म्हणून उपयोग करण्यात आला असून उच्च ताकदीच्या टंगस्टन किंवा मॉलिब्डेनमच्या तंतूंचा बळकटी आणण्यासाठी वापर केला गेला आहे. येणारा बहुतेक सर्व ताण टंगस्टन वा मॉलिब्डेनमचे धागे सहन करतात व त्यामुळे निकेल किंवा कोबाल्टची ताकद अगदी तिप्पट होते. टायटॅनिअमला मॉलिब्डेनमच्या धाग्यांनी बळकटपणा प्राप्त करून दिल्यास या संयुक्त धातूची ताकद निव्वळ टायटॅनिअमपेक्षा दुप्पट होते.

काही वर्षांपूर्वी अमेरिकन संशोधकांनी एक मोठा वैचित्र्यपूर्ण काचेचा प्रकार शोधून काढला. दिनमानानानुसार ही काच आपला रंग बदलत असे, सूर्यप्रकाशात निळया रंगाची तर रात्री रंगरहित, पारदर्शक! हा परिणाम साधता आला तो वितळलेल्या काचेत मॉलिब्डेनम मिसळून किंवा काचेच्या दोन थरात त्याचा सूक्ष्म थर (पापुद्रा) चिकटवून.

मॉलिब्डेनम संयुगांचे कितीतरी उपयोग आहेत. त्यांच्यामुळे लुकणद्रव्यांच्या अंगी अधिक जागा व्यापण्याची क्षमता येते. मॉलिब्डेनमयुक्त रंग मृत्तिकाशिल्पात व प्लॅस्टिक्स उद्योगात तसेच कातडी



कमावण्याच्या क्षेत्रात, सुती व लोकरी कापडउद्योगात वापरले जातात. मॉलिब्डेनम ट्रायॉक्साइडचा उत्प्रेरक म्हणून तेलाच्या भंजनात व इतर रासायनिक प्रक्रियांमध्ये वापर होतो.

तुम्ही पाहिलेच की मॉलिब्डेनमला कितीतरी कामे करावी लागतात, परंतु त्याचे खरे काम आम्ही आपणास अद्यापी सांगितलेलेच नाही, जी काही चर्चा केली ती सारी त्याच्या गौण कामाचीच. या प्रकरणाच्या सुरुवातीलाच आम्ही त्याचा उल्लेख लोखंडाचा महचारी किंवा मित्र म्हणून केला आहे. या त्याच्या भूमिकेबद्दलच आम्ही आता तुमच्याशी बोलू इच्छितो. वस्तुस्थिती अशी आहे की एकूण जागतिक उत्पादनापैकी ९० टक्के मॉलिब्डेनम, खास प्रकारच्या पोलाद उत्पादनक्षेत्रातच वापरले जाते. रशियात मॉलिब्डेनमयुक्त पोलादाचे उत्पादन प्रथमत: १८८६ मध्ये, सेंट पीटर्सबर्ग येथील पुतिलव कारखान्यात झाले खरे, तथापि पोलादाची गुणवत्ता वाढविण्यासाठी या मूलद्रव्याच्या उपयोगाचा इतिहास जुना आहे हे मात्र मान्य करावे लागेल.

सुप्रसिद्ध सामुराई तलवारींच्या धारदारपणाचे काय रहस्य असावे ते उलगडण्याचा निरर्थक प्रयत्न दीर्घकाळ केला गेला. उगवत्या सूर्याच्या देशातील (जपानमधील) शस्त्रास्त्राची नक्कल करण्यात म्हणजेच त्या दर्जाचे पोलाद तयार करण्यात धातुशास्त्रज्ञांच्या अनेक पिढ्या खर्ची पडल्या.

त्यापैकी पहिले यशस्वी प्रयत्न जर कुणी केले तर ते महान रशियन धातुशास्त्रज्ञ पावेल अनासव (१७९९-१८५१) याने. असे सिद्ध झाले की या गूढ स्वरूपाच्या पोलादात मॉलिब्डेनम असून त्यामुळे या मिश्रधातुची कठीणता व तंतुक्षमता एकाच वेळी वाढते. असा एक सामान्य विश्वास होता की कठीणतेत होणाऱ्या वाढीबरोबरच बहुधा ठिसुळताही वाढते, तरी पण मॉलिब्डेनमचे अस्तित्व मान्य केले गेले.

शस्त्रास्त्रांच्या व चिलखताच्या पोलादामध्ये कठीणता व तंतुक्षमता हे गुण तर आवश्यक असतात. पहिल्या महायुद्धातील रणभूमीवर वापरले गेलेले १९१६ तील ब्रिटिश व फ्रेंच रणगाडे कठीण पण ठिसूळ अशा मँगॅनस पोलादाच्या आवरणात बांधले गेले. पण दुःखाची गोष्ट ही की या ७५ मि. मी. आवरणातून, लोण्यातून सुरी सरकावी एवढ्या सहजतेने जर्मन बॉंबगोळे आरपार गेले व त्यांचा धुव्वा उडाला. मात्र पोलादात केवळ १.५ ते २ टक्के मॉलिब्डेनम मिसळल्यामुळे रणगाड्यांचे आवरण अभेद्य ठरले, एवढेच नव्हे तर आवरणाची पूर्वीची जाडी एक-तृतियांशाने कमी झाली असूनही!

हा फरक घडून येण्यामागे कोणती जादू घडली? याचे रहस्य असे की मॉलिब्डेनममुळे पोलादाच्या स्फटिकभवनामध्ये जी कण-वाढ होते ती रोखली जाते. साहजिकच ते सूक्ष्म कणयुक्त आणि एकजिनसी स्वरूपाचे बनून धातूच्या उत्कृष्ट दर्जाची खात्री देते. मिश्रपोलादाचे अनेक प्रकार पाणी देण्याच्या क्रियेपोटी येणाऱ्या ठिसूळपणाने दूषित होतात. पण मॉलिब्डेनमयुक्त पोलादांच्या बाबतीत अशी भीती राहत नाही व त्यांच्यावर विविध प्रकारचे औष्मिक उपचार केले जातात, त्यांच्यात अंतर्गत ताण निर्माण होण्याची भीती रहात नाही. पोलादाची कठीण बनण्याची प्रवृत्ती मॉलिब्डेनममुळे चांगलीच वाढते. अशा पोलादाच्या अंगी उच्च तपमानात भरपूर ताकद असणे व विसर्पणास उत्तम प्रतिरोध करणे ही वैशिष्ट्ये आलेली असतात. टंगस्टनही पोलादाच्या बाबतीत अशा प्रकारे उपयोगी पडते पण त्याच्या ताकदीच्या तुलनेबाबत मॉलिब्डेनमचा परिणाम अधिक प्रभावी आहे; एक टक्का टंगस्टनऐवजी ०.३ टक्के मॉलिब्डेनम पुरेसे होते. टंगस्टन अधिक खर्चिक असते हे पण या संदर्भात लक्षात घेतले पाहिजे.

तथापि चिलखतादी आवरणांपुरताच काही मॉलिब्डेनम पोलादाचा उपयोग नाही. या पोलादात ओतकाम करून बंदुकीच्या नळया, विमाने व मोटारींचे विविध भाग तयार केले जातात. बाष्पयंत्रे, टर्बाइन, धातु कापण्याची यंत्रे, धारदार पाती यासाठीही हे पोलाद वापरतातच मॉलिब्डेनममुळे ओतकामाच्या लोखंडाची ताकद वाढते, झीज कमी होते व त्यामुळे ओतीव वस्तूंचा दर्जा उंचावतो.

दर्जेदार मिश्रधातु तयार करण्याची क्षमता मॉलिब्डेनममध्ये आढळते त्याचे कारण असे सांगता येईल की त्याची व लोहाची स्फटिकरूप जाळीदार रचना एकसारखीच आहे; त्यांच्या अणूंच्या त्रिज्याही साधारणपणे एकसारख्याच आहेत. म्हटलेच आहे की सजातीय पक्षी एकत्रित उडतात. पण मॉलिब्डेनमची फक्त लोहाशीच जवळिक आहे असा मात्र प्रकार नाही. क्रोमिअम, कोबाल्ट आणि निकेल यासह असणारे त्याचे मिश्रधातु उत्कृष्ट आम्लरोधक असून रासायनिक उपकरणे, पात्रे तयार करण्यासाठी ते वापरले जातात. याच मूलद्रव्यांच्या काही मिश्रधातूंच्या अंगी उच्च दर्जाची घर्षणरोधता आहे. टंगस्टन-मॉलिब्डेनम हा मिश्रधातु प्लॅटिनमची जागा घेऊ शकतो. तांबे व रूपे याजबरोबर तयार होणारे त्याचे मिश्रधातु विद्युत् स्पर्शबिंदूच्या निर्मितीसाठी वापरले जातात.

द्रवरूप वायूंचा, विशेषतः ववरूप नायट्रोजनचा, शितलन तसेच वातानुकलन तंत्रक्षेत्रात फार मोठ्या प्रमाणात वापर होतो. ते द्रवरूप स्थितीत राखण्यासाठी कमालीचे थंड तपमान – शून्य अंशाखाली २०० अंश सें. – जरूरी असते. या तपमानात सर्वसाधारण पोलाद काचेप्रमाणे ठिसूळ व सहज तुटणारे बनते. द्रवरूप नायट्रोजनचा साठा करणाऱ्या टाक्या थंडतारोधक अशा खास

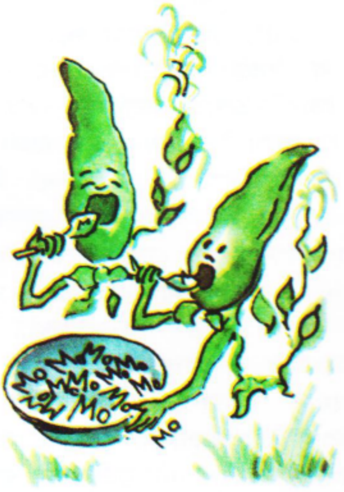
पोलादापासून तयार केल्या गेल्या खऱ्या पण या पोलादातही एक वैगुण्य होतेच व ते दीर्घकाळ घालविता आले नाही. हे वैगुण्य असे की त्याचे जोड ऊर्फ सांधणकाम पुरेसे ताकदवान नव्हते. अखेर मॉलिब्डेनममुळे हा प्रश्न सुटला. पूर्वी, जोडकामात क्रोमिअमचा अंतर्भाव असे पण या जोडाना भेगा पडतात असे दिसून आले. या प्रश्नावरील संशोधनात असे सिद्ध झाले की मॉलिब्डेनम भेगा पडण्यास प्रतिबंध करते. अनेक प्रयोगांती अखेर असे निष्पन्न झाले की शून्याखाली २०० अंश से. तपमानात पोलाद नेहमीमारखेच टिकण्यासाठी त्यामध्ये २० टक्के मॉलिब्डेनम मिसळणे जरूरी आहे. मग मात्र जोडकाम उत्तम प्रकारे टिकाऊ बनते.

धातुशास्त्रज्ञानी एक नवा व उल्लेखनीय असा कोमोक्रोम नामक मिश्रधातु तयार केला असून तो मानवी शरिरातील "सुट्या भागांसाठी" फारच उत्कृष्ट ठरला आहे. त्याचा शरिरावर मुळीसुद्धा जीवशास्त्रीय दुष्परिणाम होत नसल्यामुळे खराब वा मोडलेल्या सांध्यांच्या जागी या मिश्रधातूतील माहित्याचा वापर, शल्यकर्मतज्ज्ञ अगदी आनंदाने करतात.

कृषीविज्ञान आणखी असे एक क्षेत्र आहे की जेथे मॉलिब्डेनमचा उपयोग होतो. १९६५ मध्ये संशोधकांच्या एका गटास, त्यांच्या "सूक्ष्म प्रमाणातील मूलद्रव्यांची जीवशास्त्रीय भूमिका व त्यांचा शेतीमध्ये उपयोग" या संशोधनास लेनिन पारितोषिक दिले गेले. सूक्ष्म प्रमाणात ही मूलद्रव्ये जमिनीत वा प्राण्याच्या खाद्यात मिसळली असता काही मूलद्रव्यांमुळे तर अक्षरशः जादूसारखा परिणाम घडून येतो. या संशोधनात मॉलिब्डेनमचा अंतर्भाव होताच या मूलद्रव्याची सूक्ष्मातिसूक्ष्म मात्रा दिल्यास अनेक पिकांच्या उत्पादनात कितीतरी वाढ होऊन त्यांची जातही सुधारते. वाटाणे, चवळी व तूरडाळ यांच्या बाबतीत मॉलिब्डेनमचा परिणाम फारच प्रभावीपणे घडतो असे पहावयास मिळते. अमोनिअममॉलिब्डेनमचा वाटाण्यांच्या बाबतीत वापर केला असता नेहमीपेक्षा ३० टक्क्यानी अधिक उत्पादन मिळू लागले. वनस्पतींच्या जमिनीत वाढणाऱ्या कंदात मॉलिब्डेनम संपृक्त स्वरूपात तयार झाल्यास वातावरणातील नायट्रोजन पचनी पडण्याचे कार्य सुधारते. वनस्पतीच्या वाढीसाठी या प्रक्रियेची नितांत गरज असते. वनस्पतींमध्ये प्रथिने, क्लोरोफिल व जीवनसत्त्वे यांची वाढ होण्यास मॉलिब्डेनमची चांगलीच मदत होते. एक 'कुतुहलाची' वस्तुस्थिती ही की काही गवतांच्या ऊर्फ तणांच्या बाबतीत मात्र मॉलिब्डेनम नाशकारक आहे.

जपानमधल्या ओसाका शहरी एक फार मोठे चिकित्सक संशोधन केले गेले. त्यासाठी अत्यंत अद्ययावत व गुंतागुंतीची उपकरणे वापरली गेली. या ठिकाणच्या शास्त्रज्ञानी मानवी केसांच्या राखेचे विश्लेषण केले व असा निष्कर्ष काढला की केसांचा रंग, त्यातील सूक्ष्म प्रमाणात असलेल्या काही मूलद्रव्यांवर अवलंबून असतो. उदाहरणार्थ, सुंदर, सुरेख केस निकेलने संपन्न असतात तर सोनेरी केसांमध्ये टायटॅनिअम विपूल आढळते. आपले केस तांबडे आहेत याची जर अशा लोकाना तक्रारच करावयाची असेल तर त्यानी आपली फिर्याद मॉलिब्डेनमकडेच नेली पाहिजे. कारण जपानी शास्त्रज्ञांच्या संशोधनानुसार याच मूलद्रव्याच्या अस्तित्वामुळे केसाना तांबडा रंग मिळतो. "रक्तवर्णी शीर्षांची संघटना" जर खरोखरच अस्तित्वात असेल तर शेरलोक होम्सने मोठ्या कौशल्याने पाठपुरावा केलेल्या या संघटनेचे अथवा मंडळाचे चिन्ह मॉलिब्डेनमनेच सुशोभित केलेले असणार यात शंका नाही.

तथापि, हे मूलद्रव्य कधीकधी अशा काही उद्योगात भाग घेते की हा त्याचा सहभाग मानवी प्राण्याच्या दृष्टीने हिताचा काही म्हणता येणार नाही. सोविएत शास्त्रज्ञ आपल्या दीर्घकाल चाललेल्या सागरी मोहिमेवरून जेव्हा परतले तेव्हा मॉलिब्डेनमचा हा घातकी खेळ नजरेस आला.




१९६६ च्या अखेरीस व्लादिवस्तोक येथून, 'मिखाईल लमानोसव' हे जहाज सागरी मोहिमेवर निघाले. जागतिक सामुद्री प्रदेशात किरणोत्सर्गाचा दोष कुठेकुठे व काय पातळीचा आहे याचा त्यास अभ्यास करावयाचा होता. महिन्यामागोमाग महिने जात होते आणि विस्तीर्ण सागरप्रदेशात जहाजाचे फेरे चालू असता त्यावरील गेगर मापक किरणोत्सार कुठे आढळतो का याचा शोध घेत होते.

एक दिवस हे जहाज प्रशांत महासागरातील एका अत्यंत एकाकी भागापाशी विषुववृत्त ओलांडण्याच्या बेतात होते. जहाजावरील हवा खेळविणारे पंखे हजारो घनमीटर हवा स्वच्छ करणाऱ्या उपकरणाकडे फेकित होते आणि ही उपकरणे अगदी सूक्ष्मातिसूक्ष्म धुलिकरण वेगळे करून हवा स्वच्छ करीत होती. एकाएकी ही हवा गाळणारी उपकरणे त्यात जमलेल्या धुळीसह जळून गेली. जी राख उरली त्याच्या किरणोत्साराचे मोजमाप केले गेले. मोजमाप चालू असता मध्येच गेगर मापकाने किरणोत्सार करणाऱ्या पदार्थाची नोंद केली: राखेमध्ये मॉलिब्डेनम-९९ व मॉलिब्डेनम-१४७ हे समस्थानीय असल्याचे सिद्ध झाले. या समस्थानियांचे आयुष्य फारच कमी असते (मॉलिब्डेनम-९९ चे अर्धायु फक्त ६७ तासांचे आहे). शास्त्रज्ञानी केलेल्या मोजमापातून व आकडेमोडीतून असे निष्पन्न झाले की हे "नकोसे पाहुणे" २८ डिसेंबर १९६६ रोजी निर्माण झालेले आहेत. "न्यू चायना" वृत्तसंस्थेच्या वृत्तानुसार या दिवशी चीनने जी अणुस्फोटाची चाचणी घेतली त्याचाच वर उल्लेखिलेल्या समस्थानियांशी संबंध होता हे निर्विवाद ठरले. चाचणीनंतरच्या काही दिवसातच हजारो मैलांच्या परिसरात किरणोत्सारी कण सर्वत्र फेकले गेले.

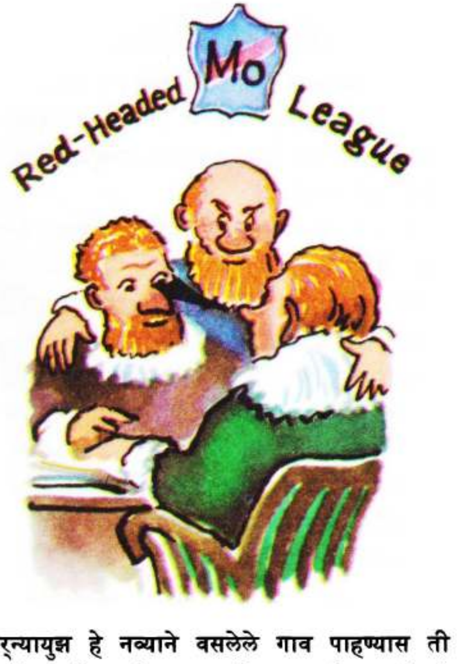
पण अशा घातक खेळातच मॉलिब्डेनमला रस

आहे असे मुळीसुद्धा नसून त्यात त्याचा भाग फारच मर्यादित आहे. हे सत्य सांगितले नाही तर बिचाऱ्या मॉडिब्डेनमवर उगाचच अन्याय केल्यासारखे होईल. आपण आशा करू या की अणुस्फोटाच्या चाचण्या लौकरच कायमच्या बंद होतील आणि मग अशा दुष्ट भूमिकेत मॉलिब्डेनमला कधी भाग घ्यावा लागणार नाही, ते सतत मानवच्या सेवेत मग्न राहील. तुमच्या ध्यानात आलेच आहे की कितीतरी कामांसाठी आपणास मॉलिब्डेनमची भरपूर प्रमाणात आवश्यकता आहे. या दृष्टीने आपल्या पृथ्वीवर या मूलद्रव्याचे साठे काय प्रमाणात अस्तित्वात असावेत?

पृथ्वीच्या कवचात मॉलिब्डेनमचा हिस्सा ०.०००३ टक्के आहे. त्याच्या नैसर्गिक व्याप्तीच्या संबंधात या मूलद्रव्याने मेंदेलेयेवच्या सारणीत अगदी विनयशीलपणे म्हणजे चौथ्या डझनभर गटात जागा स्वीकारली आहे. तरीसुद्धा जगाच्या अनेक भागात त्याचे साठे आढळतात.

या शतकाच्या अगदी सुरुवातीला मॉलिब्डेनमचे उत्पादन केवळ काही टनांएवढेच होते, पण पहिल्या महायुद्धाच्या काळात ते निदान ५० पट तरी वाढले (चिलखती आवरणाना त्यावेळी मोठीच मागणी होती ना!) त्यानंतर मात्र खनिजोत्पादन चांगलेच मंदावले. पुढे १९२५ मध्ये उत्पादनवाढीचा नवा वेग नोंदविला गेला. १९४३ च्या सुमारास (म्हणजे दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळात) उत्पादनाने ३०००० टनांचा उच्चांक गाठला. म्हणूनच की काय कधी कधी "युद्धाचा धातु" असाही मॉलिब्डेनमचा उल्लेख केला जातो.

सोविएत संघातील बक्सन नदीच्या (उत्तर कॉकेशस) निरुंद दरीमध्ये वेरा फ्लेरोवा या भूस्तरशास्त्राच्या विद्यार्थिनीस १९३४ मध्ये मॉलिब्डेनाइट खनिजाचे मोठाले साठे सापडले. दुर्मिळ धातूंच्या राष्ट्रीय उद्योगाच्या इतिहासात ही मोठी उल्लेखनीय घटना होती. दोन वर्षांनी त्या भागात खाण खोलण्याचे काम चालू झाले. दुर्दैवाने तिच्या शोधामुळेच अस्तित्वात आलेले




तिर्न्यायुझ हे नव्याने वसलेले गाव पाहण्यास ती जगली नाही. खनिजांच्या शोधाच्या तीव्र इच्छेमुळे ती सर्वत्र प्रवास करीत होती. या तरुण स्त्रीला १९३६ मध्ये डोंगरदऱ्यात प्राणघातक अपघात झाला! तिर्न्यायुझ गावातील एका चौकास व पर्वतशिखरास तिचे नाव देण्यात आलेले आहे. तसेच गर्दीच्या रस्त्यांपासून दूर असलेल्या एका पर्वताच्या उतारावर वेरा फ्लेरोवाच्या स्मृतिप्रित्यर्थ एक स्मारक उभे करण्यात आले आहे.

मॉलिब्डेनमच्या खनिजांचा मोठा भाग फेरोमॉलिब्डेनम या मिश्रधातूच्या निर्मितीसाठी वापरला जातो. उच्च दर्जाचे पोलाद तयार करण्यासाठी अशा मिश्रधातूमार्फत पोलादात मॉलिब्डेनम मिसळले जाते. फेरोमॉलिब्डेनम तयार करण्याचे पहिले प्रयत्न १९ व्या शतकाच्या अखेरीस झाले. १९०० मध्ये मॉलिब्डेनम ऑक्साइडांच्या क्षपणामार्फत हा मिश्रधातु तयार करण्याची एक पद्धत विकसित करण्यात आली. क्रांतीपूर्व रशियात हे जे काही काम झाले तेवढेच. १९२९ मध्ये एस. एस. स्टेनबर्ग आणि व्ही. पी.

येल्युतिन यानी सिलिको-औष्णिक पद्धतीच्या सहाय्याने मॉलिब्डेनमचा ५०-६५ टक्के अंश असणारा मिश्रधातु ( फेरोमॉलिब्डेनम ) तयार केला. व्ही. पी. येल्युतिन यानी १९३०-३१ मध्ये जे यशस्वी संशोधन केले त्यामुळेच धातुविज्ञानात ही पद्धत रुढ झाली.

हे जरी खरे असले तरी तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात शुद्ध मॉलिब्डेनमचीही गरज असते. पण शुद्ध मॉलिब्डेनममधील साहित्य प्रचारात येण्यासाठी फार मोठा काळ जावा लागला का? तुलनात्मकदृष्ट्या चांगल्या शुद्धतेचे मॉलिब्डेनमचूर्ण तयार करण्याची रीत तर पूर्वीपासून ठाऊक होती ना? याचे कारण असे की चूर्णाचे घनरूप ठोकळ्यात रूपांतर करण्याच्या कामात मॉलिब्डेनमचा उच्च वितळणबिंदू आड येत होता. यासाठी दुसरा कोणतातरी मार्ग शोधणे जरूरी होते. या प्रयत्नांतून १९०७ मध्ये प्रायोगिक अवस्थेतील व तारेच्या स्वरूपात सघन मॉलिब्डेनम तयार करणे प्रथमत: शक्य झाले. हे साधण्यासाठी मॉलिब्डेनमचे चूर्ण डिंकसदृश चिकट अशा कार्बनी पदार्थात मिसळण्यात आले व साच्याच्या मदतीने त्याची तार बनविली गेली. ही चिकट तार हायड्रोजनच्या वातावरणात ठेवून तीमधून विद्युत्प्रवाह सोडण्यात आला. अपेक्षेनुसार तार तापली व कार्बनी पदार्थ जळून गेला, तर चूर्णाचे कण वितळून तार तयार झाली. ( मॉलिब्डेनमचे ऑक्सिडीकरण होऊ नये यासाठी हायड्रोजनची जरूरी होती ).

तीन वर्षांनंतर उच्च वितळणबिंदू असणाऱ्या धातूंची निर्मिती करण्याचे चूर्णरूप धातुविज्ञान तंत्र प्रचारात आले व त्याचे स्वामित्व-अधिकार देण्यात आले हे तंत्र आज उत्तम प्रकारे वापरले जात आहे. या तंत्रात धातूचे चूर्ण केले जाते व ते दाबाखाली एकसंधी केले जाते, तशाच अवस्थेत वितळविण्यात येते आणि रूळातून ओढून किंवा साच्यातून खेचून पट्टी किंवा तार बनविली जाते.

मॉलिब्डेनमच्या तारेचे उत्पादन रशियात १९२८ पासून सुरू झाले. तीन वर्षांनीच मॉस्कोच्या इलेक्ट्रोजवोद कारखान्यातून २०,०००,००० मीटर तार बाहेर पडू लागली.

गेल्या काही वर्षांपासून "निर्वात अवस्थेतील विद्युत्कमानीच्या" पद्धतीमार्गे वितळवून आणि "इलेक्ट्रॉन शलाकेमार्फत भागशः वितळविण्याच्या" पद्धतीमार्गे मॉलिब्डेनमचे उत्पादन केले जात आहे.

यापूर्वी उल्लेख आलाच आहे की पृथ्वीच्या कवचात असणारे मॉलिब्डेनमचे साठे फारसे नाहीत. कदाचित ते वाढत्या उपयोगांमुळे संपुष्टातही येण्याची शक्यता नाकारता येत नाही. मग मात्र या मूल्यवान, उपयुक्त धातूसाठी नव्याने शोध घ्यावा लागेल.

तथापि काही पिढ्यांपर्यंत तरी हा दुर्धर प्रसंग येण्याची फारशी शक्यता नाही. एक लक्षात घ्या की समुद्रप्रदेशात अनेक मूलद्रव्यांचे अगणित साठे लपलेले आहेत. जर समुद्रात लपलेली ही संपत्ती सर्वांमध्ये समप्रमाणात वाटली तर आपल्यापैकी प्रत्येकजण लक्षाधिश होऊ शकतो. समुद्रदेवतेच्या भांडारात, प्रत्येकाच्या वाट्याचे तीन टन सोने राखलेले आहे हे एकच उदाहरण वानगीदाखल पुरेसे ठरेल. मग इतरांबाबत बोलावयासच नको. सोन्याची खरीखुरी खाणच, नाही का? मॉलिब्डेनमपुरतेच बोलावयाचे झाल्यास प्रत्येकाच्या वाट्यास हा धातु निदान शंभर टन तरी येईल.

माणूस या सागरी भांडाराच्या शोधातच आहे आणि ते हाती लागण्याचा सुदिन दूर नाही!

# १६. कुलीनतेचा वारसा मिरविणारे रूपे

अलेक्झांडरला परतणे भाग पडले – सायरसचे पवित्र भांडे – घोड्यांची चांदीची नाल – दुसरा एक प्राचीन व्यवसाय – रूबलचा जन्म झाला – शाही खोटारडे – एक डोकेबाज कल्पना – टांकसाळीचा २५० वा वाढदिवस – उपप्रांताधिकाऱ्यास सूचना – नेव्ह्यान्कोचे भूमिगत रहस्य – रूप्याचे रोजच्या वापरातील साहित्य – सरदार ओर्लोवचे भोजनसंच – नोवगोरदच्या कारागिरांची कला – छायाचित्रकाराच्या चित्रमंदिरात – "पकडलेले" चक्रीवादळ – आरसा म्हणजे चैन नव्हे – श्रेशरसह जलसमाधी – एक अट्टल खेळाडूच – भूगोलाशी संबंध असणारा इतिहास – चाच्याना राणीचा आशीर्वाद – जहाजारील मौजमजा – समुद्रतळी ! – कोळ्याची घोडचूक – पाणबुड्याला गवसलेले – फिप्स रागाने लत्ताप्रहार करतो – स्वप्न खरे ठरले ?

एका मागोमाग एक विजय मिळवित महान योद्धा अलेक्झांडरचे अजिंक्य सैन्य पूर्वेकडे दौडत होते. पाठीमागे पर्शिया आणि फोनेशिया, इजिप्त आणि बाबिलोनिया तसेच बॅक्ट्रिया व सोग्डियाना हे पराभूत देश होते. ख्रि. पू. ३२७ मध्ये या रण-वीरानी भारतावर चढाई केली आणि त्या महांन योद्धयास कुणी विरोध करण्यासच उरला नाही अशी परिस्थिती दिसावयास लागली. पण एकाएकी त्या ग्रीक सैन्यामध्ये पोटाचा कोणता तरी गूढ रोग फैलावला. अगोदरच थकलेभागलेले सैन्यदल या रोगराईने पुरते हतबल झाले आणि मग घरी परत-ण्याचा एकच उठाव त्यानी केला. विजय मिळविण्या-ची तीव्र इच्छा जरी अलेक्झांडरच्या मनात होती तरी त्याचे काहीच चालेना व अखेर नाईलाजाने तो परत फिरला.

ही जी घटना घडली त्यात एक मोठी अनाकल-नीय वस्तुस्थिती पहावयास मिळाली. सर्वसामान्य सैनिक या गूढ रोगास ज्या मोठ्या संख्येने व एकसारखे बळी पडत त्यापेक्षा कितीतरी कमी प्रमाणात आणि अगदी कधीतरीच त्यांचे अधिकारी त्याची शिकार बनत. खरे तर हा अधिकारीवर्ग-सुद्धा सामान्य सैनिकांएवढेच कष्टप्रद जीवन जगत होता आणि युद्धभूमीवरील हालअपेष्टाना तोंड देत होता.

या गूढ रोगाचे कारण शास्त्रज्ञानी उघडकीस आणले खरे, पण २००० वर्षांनी! त्यामागे एकच प्रकार संभवला व तो म्हणजे सैनिक कथिलाचे पेले वापरत होते आणि त्यांचे वरिष्ठ रूप्याचे!

एक विलक्षण सत्य प्रस्थापित केले गेले की पाण्यात विरघळलेल्या रूप्यामुळे बॉक्टेरियांच्या अनेक घातक प्रकारांचा नायनाट होतो! एका ग्रॅमचा काही अब्जांश भाग विरघळलेल्या स्थितीत जर असेल तर एक लिटर पाणी निर्जंतूक करण्यास तो पुरेसा असतो. या वस्तुस्थितीमुळे तर अगदी उघड होते की हाताखालच्या सैन्यापेक्षा रूप्याची पात्रे वापर-णाऱ्या त्यांच्या वरिष्ठाना रोगराईचा धोका किती-तरी कमी होता.

हेरोडोटस या प्राचीन इतिहासकाराने लिहुन ठेवले आहे की ख्रि. पू. ५ व्या शतकात झालेला सायरस नामक राजा जेव्हा युद्धमोहिमेवर निघे तेव्हा आपले पिण्याचे पाणी रूप्याच्या "पवित्र पात्रातून" नेत असे. पाण्यामध्ये तप्त रूपे बुड-वून त्यायोगे ते शुद्ध कसे होते याचे वर्णन भारतीय धार्मिक ग्रंथांमध्ये पहावयास मिळते. कित्येक देशां-मध्ये धार्मिक सणासमारंभांच्या वेळी विहिरींमध्ये किंवा तलावात रूप्याची नाणी फेकण्याचा प्रघात होताच.

पाणी शुद्ध करण्यासाठी होणारा वापर हा रूप्याचा अधिकतम जुन्या कालापासून चालत आ-लेला उपयोग असावा. अर्थात त्याबरोबरच, आ-पल्या पोरकट लहरी पुरविण्याच्या कामीही त्यास

राबविले गेल्याचीही उदाहरणे आहेतच. उदाहरणार्थ, रोमन सम्राट नीरो या अति उधळया माणसाने आपल्या हजारो खेचराना रूप्याचे नाल मारले होते! अर्थात, रूप्याच्या इतिहासातील ही काही मोठी उल्लेखनीय घटना आहे असे म्हणता येणार नाही.

फार पुरातन असा रूप्याचा दुसरा व्यवसाय किंवा त्याचे "जीवित-कार्य" म्हणजे मूल्यनिर्धारण अथवा चलनासाठी होणारा त्याचा उपयोग. ख्रि. पू. २६९ मध्ये म्हणजे सोन्याची नाणी प्रचारात येण्यापूर्वी ५० वर्षे रोमन लोकानी रूप्याची नाणी पाडण्यास सुरुवात केली. रशियात रूप्याच्या नाण्यांची स्थानिक निर्मिती खूपच उशिरा सुरू झाली. १० व्या व १२ व्या शतकात तयार केली गेलेली व रशियन राजा व्लादीमिरच्या वेळी प्रचारात आलेली रूप्याची नाणी (सेरेब्रेनिकी) आजही जतन केलेली आढळतात. या नाण्याच्या एका बाजूस सिंहासनावर बसलेल्या व्लादीमिरचे चित्र असून दुसऱ्या बाजूवर राजकुटुंबाची निशाणी आहे. नाण्यावर, "सिंहासनाधिष्ठित व्लादीमिर व त्याचे रूप्याचे नाणे" अशी अक्षरे खोदलेली आढळतात.

१२ व्या व १३ व्या शतकात अशी रशियन नाणी चलनातून नाहीशी झाली. या वेळेपावेतो कीवन रशिया म्हणून एकत्रित असणारे कीएवभोवतालचे प्रदेश पुन्हा एकदा विभक्त झाले आणि सार्वत्रिक प्रचारातील नाणी पाडणे बंद झाले. रूपे नाणी म्हणून पुन्हा एकदा प्रचारात आले. इतिहासकार या कालखंडाचे वर्णन "नाणेरहित काल" असे करतात.

त्यानंतरच्या काळातच म्हणजे १३ व्या शतकात रूबल अवतरला. सुमारे २०० ग्रॅम वजनाचा रूप्याचा तुकडा म्हणजे रूबल असा प्रकार होता. काही जुन्या वाङ्मयात या रूप्याच्या तुकड्यास रूबल ग्रिव्हेंका किवा ग्रिव्ह्ना असे म्हटलेले दिसते. हे ग्रिव्हेंका पुढीलप्रमाणे तयार करत. प्रथम लांबलचक, निरुंद अशी रूप्याची कांब तयार करत आणि टोकदार हत्याराच्या सहाय्याने तिचे तुकडे करत. यापैकी एक तुकडा म्हणजेच एक रूबल ग्रिव्ह्ना किंवा रूबल.

ततार-मंगोलानी घातलेल्या धाडीमुळे रशियन नाणी पाडण्याचे काम आणखीनच लांबले. या सुवर्णासक्त टोळ्यानी स्वतःची अशी रूप्याची नाणी वापरात आणली. त्याना डिर्गेमा किंवा जेन्गा म्हटले जाई (ततार भाषेत जेन्गा शब्दाचा अर्थ खुळखुळणारे असा होते). कालांतराने ततार डेंगाचे रशियन जेन्गी (पैसे) असे रूपांतर झाले.

यानंतर केवळ १४ व्या शतकाच्या मध्यास रशियन जनतेने ततार-मंगोल सत्ता उलथून टाकली आणि स्वतःची अशी राष्ट्रीय नाणी पाडण्यास तेव्हाच सुरुवात झाली.

१५३४ मध्ये पुढे "इवान द टेरिबल" (भयानक इवान) म्हणून प्रसिद्धीस आलेल्या राजाच्या येलेना ग्लिन्स्कया या आईच्या कारकिर्दीत सर्वत्र एकच एक अशी राष्ट्रीय चलनव्यवस्था प्रस्थापित केली गेली. छोट्या आकारातील रूप्याच्या या नाण्यांवर खडग्धारी व अश्वारूढ अशा योध्याचे चित्र होते व हे नाणे मेचेव्ये (रशियन भाषेत 'मेच' म्हणजे 'तलवार' असा अर्थ आहे) म्हणून परिचित होते. त्यापेक्षा जडसर नाण्यांवर (अर्थात रूप्याच्याच) अश्वारूढ भालाईत दाखविलेला होता आणि त्यास कोपिन्ये ('कोप्ये' म्हणजे 'भाला') म्हटले जाई यावरूनच पुढे कोपेक हा आधुनिक शब्द तयार झाला.

खोटी नाणी प्रचारात केव्हा आली असावीत हे ठरविणे जरी अशक्य असले तरी एवढे निश्चित म्हणता येईल की अधिकृत नाणी प्रचारात आली न आली त्याच वेळी खोट्या नाण्यांचाही जन्म झाला असावा. या उद्योगात सर्वसामान्य व्यक्ती गुंतणार यात काही विशेष वाटणार नाही पण राजघराण्यातील उच्च व्यक्तीही खोट्या नाण्यांच्या उद्योगात रस घेत होती. १३ व्या शतकाच्या व १४ व्या शतकाच्या सुरुवातीस फ्रान्सवर राज्य करणारा ५वा फिलिप्स सालस म्हणून जरी प्रसिद्ध होता तरी काही ऐतिहासिक कागदपत्रात त्याचा उल्लेख नकली

नाण्यांचा उत्पादक म्हणूनही केलेला आढळतो. आपली खाजगी संपत्ती वाढावी यासाठी या निर्लज्ज राजाने सोन्याच्या व रूप्याच्या नाण्यांचे वजन कमी केले किंवा त्याऐवजी अक्रियाशील असे इतर धातु तांब्यासह किंवा कथिलासह मिश्रित करून खोटी नाणी प्रचारात आणली. आपल्या डिव्हिना कॉमेडिया या कलाकृतीत डांटेने इतर गुन्हेगारांसह या ५ व्या फिलिपचा उल्लेख केला आहे.

खुद्द शासनाने किंवा राज्यपातळीवर खोट्या नाण्यांचा मार्ग अनुसरल्याचे एक उदाहरण १७ व्या शतकात पहावयास मिळते. ते १६५४ साल होते. पोलंडबरोबर झालेले युद्ध चांगलेच डोईजड ठरले होते व त्यामुळे रशियाचा खजिना रिकामा झाला होता. पैसा तरीही हवाच होता. झार अलेक्सी मिखायलोविचने कर वाढविले. आगोदरच भिकेला लागलेल्या लोकाना ते देणे अगदी अशक्य होते. त्यावर फ्योदर तिश्चेव याने एक मार्ग काढला, त्यामुळे खजिन्यात भर पडेल असे त्यास वाटले

खरे पण त्याऐवजी नुकसानच होत गेले.

ज्यावेळी रशियात रूप्याची नाणी प्रचारात होती त्यावेळी देशातल्या रूप्याचे उत्पादन होत नव्हते आणि इतर देशातील नाणी वापरून रशियन नाणी तयार केली जात असत. झेकोस्लोव्हाकियातील जोआकिमस्थल येथे पाडल्या जाणाऱ्या जोआकिमस्थेलर नामक नाण्यांचा या कामासाठी अधिककरून वापर होई. रशियन लोक या नाण्याना येफिम्की असे म्हणत. त्यावरील लॅटिन अक्षरे नाहीशी केली जात व रशियन भाषेतील शब्द मुद्रित केले जात. तिश्चेव याने असा सल्ला दिला की सरकारी खजिन्यात ज्या येफिम्कीस पन्नास कोपेक (अर्धा रूबल) पडत त्यावर एक रूबलचा आकडा टाकावयाचा. याप्रमाणेच पलत्निक (५० कोपेक), पलुपलतिनिक (२५ कोपेक), ग्रिवेन्निक (१० कोपेक), आल्तिन (३ कोपेक) आणि कोपिका (१ कोपेक) अशा मूल्याची नाणी स्वस्त अशा तांब्याची तयार करावयाची पण त्याना रूप्याच्या नाण्यांचे मूल्य लावावयाचे यामुळे सरकारी खजिन्यात ४० लाख रूबलची, म्हणजे एकूण वार्षिक करामुळे गोळा होणाऱ्या पैशांपेक्षा दहा पट जादा भर पडेल असा कयास बांधला गेला. या वाढीव रकमेच्या कल्पनेने झारच्या डोक्यात एकच विचार खेळू लागला आणि त्याने अशी नवी नाणी, मोठ्या जलदीने, रात्रंदिवस काम करून तयार करण्याची आज्ञा सोडली. जेवढे हे काम त्वरेने होईल, तेवढा खजिना लवकर भरेल असे स्वप्न तो पाहू लागला.

काही दिवसातच रशियात 'स्वस्त' नाण्यांचा सुळसुळाट झाला. पण चलनाचे स्वतःचे असे नियम असतात आणि राजेमहाराजानाही त्यात ढवळाढवळ करता येत नाही. जेवढे चलन हवे त्यापेक्षा ते फाजील प्रमाणात वाढले तर त्याची किंमत कमी होते किंवा त्याची ऋयपात्रता कमी होते आणि सर्व वस्तूंचे भाव वाढू लागतात. नेमके हेच रशियात घडले. झारच्या वरील सुधारणेचे दुष्परिणाम सामान्य माणसास लवकरच जाणवू लागले. पावासारख्या जीवनावश्यक खाद्यपदार्थांच्या किंमती तर

भराभर वाढू लागल्या पण व्यापारी फक्त रूप्यातच किंमत मोजून घेऊ लागले. तथापि एकदा ही नाणी झारच्या खजिन्यात बंदिस्त झाल्यावर लोक ती आणणार तरी कुठून? दुष्काळाचाही तडाखा बसला आणि लोकांची सहनशक्ती तुटण्याएवढी ताणली गेली. याची परिणती १६६२ मध्ये मॉस्कोतील उठावात झाली व इतिहासात "तांब्याचे बंड" म्हणून ते ओळखले जाते. अतिशय निर्दयपणे ते मोडण्यात आले खरे पण लोकांचा एक हेतु साध्य झाला – तांब्याचे चलन मागे घेतले गेले व रूप्याची नाणी परत व्यवहारात आली.

१ ल्या पीटरच्या कारकीर्दीत नाणी पाडण्याचे काम मुख्यत: मॉस्कोच्या टांकसाळीत होत असे व ही टांकसाळ किताईगोरद या भागात वसली होती. १७११ मध्ये कायदेमंडळाने फर्मान काढले की "रूप्याची नाणी फक्त एकाच टांकसाळीत पाडली जावीत व हे काम किताईगोरद येथील टांकसाळीत व्हावे." १७२४ मध्ये राजाज्ञेनुसार सेंट पीटर्सबर्ग येथे एक नवी टांकसाळ उभारण्यात आली. आज ती लेनिनग्राद टांकसाळ म्हणून ओळखली जाते.

१ ल्या पीटरने सोनें व रूपे यांचे उत्पादन वाढविण्यासाठी शर्थीचे प्रयत्न केले. पण लक्षणीय वाढ होऊनसुद्धा रशियास इतर देशांकडून हे धातु दीर्घकाळ आयात करावेच लागले. याचे दाखले इतिहासात उपलब्ध आहेतच. उदाहरणार्थ. १७३४ मध्ये इर्कुट्स्कच्या प्रांतास, चीनकडून मोठ्या प्रमाणात सोने खरीदावे अशा सरकारी सूचना मिळाल्याचे कागदोपत्री आढळते.

याच सुमारास अकिन्फाय देमिदव याच्या खनिजशोधकाना रूप्याच्या खनिजांचा साठा उपलब्ध झाला. ही देमिदव मंडळी म्हणजे उराल पर्वतराजीतील लोखंडाचे सुप्रसिद्ध कारखानदार होते व ते त्या भागाचे जणू अनभिषिक्त राजेच गणले जात. त्यावेळच्या प्रचलित कायद्यानुसार रूप्याचा खनिजसाठा, मग तो कुठेही व कुणासही सापडो, सरकारी मालकीचाच गणला जाई. पण आपणास मिळालेला खजिना सहजासहजी सोडण्यास देमिदव कसा तयार होईल? त्याने स्वत:ची नाणी पाडण्यास सुरुवात केली. त्यांचे स्वरूप सरकारी नाण्यांसारखे तंतोतंत होते, फरक एवढाच की त्यात रूप्याचा अंश अधिकच असे. अधिकृत अस्सल नाण्यांपेक्षा नकली नाण्याना जादा किंमत असण्याचे हे इतिहासातील बहुधा एकुलते एक उदाहरण असावे.

असे सांगितले जाते की देमिदवच्या जाहगिरीपैकी नेव्यान्स्क येथे भूमिगत टांकसाळ होती व तेथील कामकरी गुलाम साखळयानी भिंतीला जखडलेले होते. याच ठिकाणी नाणी पाडण्याचे काम रात्रंदिवस चालू असे. ही टांकसाळ म्हणजे एक भयानक तुरुंगच होता व तेथून कधीकाळी सुटका होण्याची कुणालाही आशा नव्हती. याबाबत एवढी गुप्तता राखण्यात आलेली होती की सरकारलाही त्याचा पत्ता नव्हता! तथापि, एवढ्या प्रचंड खबरदारीतूनही नेव्यान्स्क टांकसाळीबाबत अफवा पसरल्याच आणि अखेर राजधानीत त्या पोहोचल्याच. सुरुवातीला एक अफवा म्हणून फारसे कुणी लक्षच दिले नाही; एवढेच नव्हे तर उरालच्या त्या अनभिषिक्त राजाबरोबर ऊर्फ देमिदवबरोबर असलेले चांगले संबंध बिघडू नयेत म्हणून राणी आयानोवानेसुद्धा तिकडे जाणूनबुजून कानाडोळाच केला. पण एक हकिकत असे सांगते की या दोघांचा पत्त्याचा डाव चालू असता राणीने काही रक्कम जिंकली व देमिदवने जेव्हा कोरी करकरित नाणी राणीपुढे टाकली तेव्हा तिने ती संधी साधून एकाएकी पृच्छा केली की ही नाणी सरकारी टांकसाळीतील की तुमच्या खाजगी टांकसाळीतील? यावर देमिदव उभा राहिला, त्याने आपले हात पसरले व डोके झुकवून नम्रपणे उद्गारला, "राणीसाहेब, आम्ही सारे प्रजाजन तुमचेच आहोत, मीही आपला आणि जे जे काही माझे तेसुद्धा केवळ आपलेच!"

त्यानंतर लवकरच अशी एक घटना घडली की देमिदवच्या टांकसाळीस पूर्णविराम मिळाला. मालकाच्या छळास वैतागून टांकसाळीतील एक

कारागीर मोठ्या हिकमतीने नेव्यान्स्कहून सेंट पीटर्सबर्गला पळाला. हे कळता क्षणी देमिदवने त्यास ठार मारण्यासाठी मारेकरी धाडले आणि ते जमलेच नाही तर त्या आधी राणीच्या कानावर रूप्याच्या खनिजाचा साठा उराल प्रदेशी गवसल्याचे "आनंददायक वृत्त" घालण्यास सांगितले.

पण पळून गेलेल्यास ठार मारणे काही जमले नाही आणि रूप्याच्या खनिजाचा साठा सापडल्याची "शुभवार्ता" सरकारच्या कानावर घालणे भाग पडले. त्याचा ताबा घेण्यासाठी अधिकारी नेव्यान्स्कला रवाना झाले. ते पोहोचण्याच्या दोन दिवस आधी तळघरातील – टांकसाळीतील-पाण्याचे नळ फोडले गेले आणि तेथील सारे कामकरी ऊर्फ खरे साक्षिदार पाण्याखाली कायमचे बुडाले.

दागदागिन्यांसाठी, विविध वस्तूंसाठी रूप्याचा वापर अती प्राचीन काळापासून चालत आला आहे. भोजनादी कार्यक्रमात चांदीची भांडी वापरणे, चहापान किंवा पेयपानप्रसंगी रूप्याची पात्रे वापरणे सिगरेट-तंबाखू-तपकिरीच्या चांदीच्या नक्षीदार डब्या बाळगणे याचा फार अभिमान लोकाना वाटत असे. असा वापर करणे किंवा ते प्रदर्शित करणे म्हणजे स्वतःच्या खानदानीपणाचा व श्रीमंतीचा बडेजाव दाखविण्याचा हुकमी एक्काच होता. सरदार अरलोवकडे रूप्याच्या साहित्याचा अद्वितीय अशा ३२७५ वस्तूंचा संच होता व त्यासाठी दोन टन (!) रूपे खर्ची पडले.

नोवगोरदच्या कारागिरांची कीर्ती सर्व देशातच नव्हे तर परदेशातही पसरली होती. रूप्याच्या कलाकौशल्ययुक्त विविध वस्तु तयार करण्याचे त्यांचे कसब केवळ अजोड होते. त्यानी तयार केलेले सुबक घाटदार व नक्षीदार पेले, भांडी, थाळ्या, विविध आकारातील पात्रे व इतर अनेक प्रकारचे साहित्य यांची सुंदरता व नाजूकता या बाबतीत नक्कल जमणे केवळ अशक्यच. इतिहास असे सांगतो की १६ व्या शतकातील नोवगोरदमध्ये सुमारे शंभर पट्टीचे कारागीर होते व लहानसहान वस्तु (कानातील डूले, डब्या, क्रॉस, अंगठ्या, इ. इ.) तयार करणारे कारागीर तर अनेक होते. नोवगोरदच्या चांदीच्या कलाकृती आज आर्मेरी, राज्य ऐतिहासिक वस्तुसंग्रहालय आणि लेनिनग्राद येथील रशियन वस्तुसंग्रहालय या ठिकाणी पहावयास मिळतात.

जवाहिरे, सोनार यांचा धातु म्हणून रूप्याने आपले स्थान कायन ठेवणे हे नैसर्गिकच म्हटले पाहिजे, तथापि यापेक्षा अधिक महत्त्वाची कामेही ते बजावीत असतेच. फ्रेंच चित्रकार व छाया-चित्रणकलेचा जनक डग्वेरी याने प्रकाशसंवेदी मिश्रणाच्या सहाय्याने कायमस्वरूपी चित्र तयार करण्याचे तंत्र १८३९ मध्ये शोधून काढले व तेव्हापासूनच छायाचित्रकलेबरोबर रूप्याचा अविभाज्य संबंध प्रस्थापित झाला. छायाचित्रणाच्या फिल्मवर अथवा कागदावर सिल्व्हर ब्रोमाईडचा जो अत्यंत पातळ थर चढविलेला असतो त्याचाच या पद्धतीत प्रमुख भाग असतो. प्रकाशाच्या परिणामाखाली सिल्व्हर ब्रोमाईड विघटित होते, त्यापैकी ब्रोमाईड, जिलेटिनशी रासायनिकरीत्या संयोग पावते व सिल्व्हर ऊर्फ रूपे स्फटिकरूपात वेगळे (निक्षेपित) होते. हे स्फटिक एवढ्या सूक्ष्म आकाराचे असतात की साध्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रातूनसुद्धा दिसणे अशक्य. सिल्व्हर ब्रोमाईडची याप्रमाणे विघटन होण्याची गती प्रकाशाच्या तीव्रतेच्या प्रमाणाशी सरळसरळ संबंधित असते.

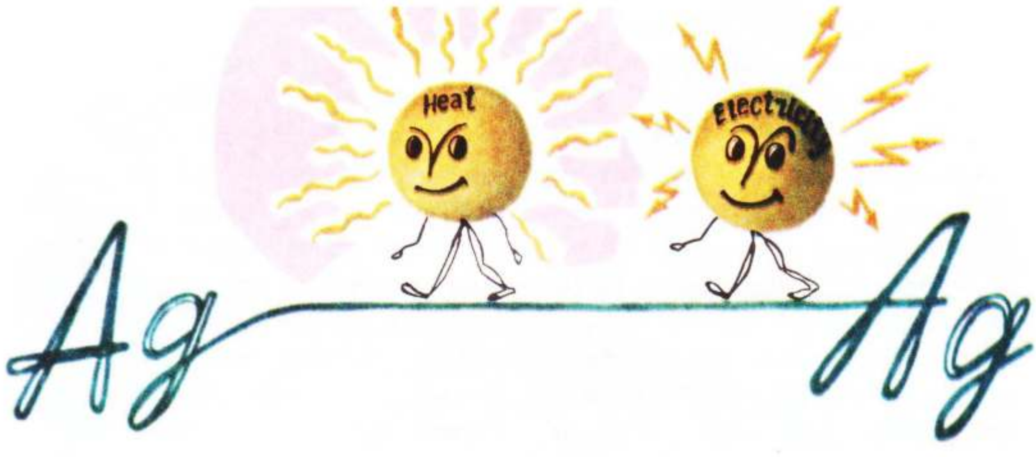
यापुढील क्रिया (प्रतिमेचे विकासन आणि सिल्व्हर ब्रोमाईडचा प्रकाशसंवेदी गुणधर्म कायमचा नाहीसा करणे) केल्याने ऋण-प्रतिमा मिळते व कागदावर मुद्रित केली असता धन-प्रतिमा (छायाचित्र) तयार होते. आज छायाचित्रणाच्या तंत्रात क्रांतिकारक सुधारणा झाल्या असल्या तरी रूपे व त्याच्या संयुगांवाचून छायाचित्रणाची कल्पना करणे केवळ अशक्य.

सिल्व्हर आयोडाइडसाठी शास्त्रज्ञानी मोठे मजेदार वा कुतुहलजनक काम शोधून काढले आहे व ते म्हणजे चक्री वादळाशी तोंड देणे. अशा वादळांची नासधूस करण्याची अमाप ताकद जास्तीत जास्त कमी करण्यासाठी ते विस्तारले जाणे म्हणजेच त्याचा व्यास वाढविणे जरूरी असते नेमके हेच काम सिल्व्हर आयोडाइडमार्फत साधले जाते. वातावरणातील आर्द्रतेचे संद्रवण (बाष्परूपातून द्रवरूपात रूपांतर) करण्याचा गुणधर्म या संयुगात असल्यामुळे आर्द्रतेचे पावसाच्या थेंबात रूपांतर केले जाते.

सुमारे दहा वर्षांपूर्वी एका चक्री वादळाच्या बाबतीत अशी चाचणी घेतली गेली. विमानातून सिल्व्हर आयोडाइडचा "पडदा" वादळाच्या मार्गात निर्माण केला गेला. १० कि. मी. उंच व ३० कि. मी. रूंद असे या पडद्याचे स्वरूप होते. अशा पडद्याची काहीच "कल्पना" नसणाऱ्या त्या वादळाने पडद्यास धडक दिली व त्यास गुंडाळून गिळंकृत केले. त्याचवेळी वादळाच्या डोका म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या मध्यवर्ती भागाभोवती जी ढगांची भिंत असते ती रूंदावू लागली व पाण्याचे थेंबही पडू लागले. साहजिकच वाऱ्याचा जोर चांगलाच मंदावला. हे खरे की वादळ पूर्णपणे शमले नाही व ढगांची भिंत परत नव्याने तयार होऊ लागली, पण तिचा व्यास पूर्वीच्या मानाने कितीतरी मोठा होता व त्यामुळे पहिल्यापेक्षा वादळ खूपच मंद गतीने सरकत होते. रूपे "शिंपडलेल्या" त्या वादळाची विध्वंसक शक्ती तर खूपच कमी झाली होती. एक ध्यानात घेण्याजोगी वस्तुस्थिती अशी की सिल्व्हर आयोडाइडच्या पडद्याचा आकार जरी भव्य होता तरी त्यासाठी केवळ काही टनच संयुग पुरेसे ठरले.

गतशतकाच्या मध्यापासून आरसे तयार करण्यासाठी रूप्याचा वापर चालू झाला. उत्तमप्रकारे पॉलिश केलेल्या काचेच्या तक्त्यावर एका बाजूने रूप्याचा थर चढविल्यास इतर कोणत्याही धातूपेक्षा अशा आरशाचे प्रकाशपरावर्तन अत्यधिक असते. केवळ दैनंदिन व्यवहारातच आरशाचे महत्त्व नसून डॉक्टरांचे उपकरण म्हणून व दूरदर्शक, सूक्ष्मदर्शक आणि इतर प्रकाशीय उपकरणांचा एक आवश्यक व महत्त्वपूर्ण भाग म्हणूनही तो अत्यावश्यक आहे.

कोणताही इतर धातु उष्णतावाहकता आणि विद्युतवाहकता या गुणांबाबत रूप्याची बरोबरी करू शकत नाही. अत्यंत संवेदनशील अशा अनेक शास्त्रीय उपकरणात रूप्याची तार वापरली जाते.




रिले ऊर्फ पुनरेषी उपकरणांच्या विविध प्रकारात जी अग्रीय किंवा अंत्य टोके असतात ती प्रामुख्याने रूप्याचीच असतात आणि रूप्याची झाळ वापरूनच रेडियो उपकरणांच्या विविध भागांचे झाळकाम केले जाते.

अनेक स्वयंचलित उपकरणे अग्निबाण व पाणबुड्या, गुणकयंत्रे व अणुशक्ती क्षेत्रातील सहित्य, दळणवळणाची व संदेशवहनाची यंत्रसामग्री यांचे स्पर्श अथवा संपर्कबिंदू यांच्याशिवाय चालणारच नाही. त्यांचा वापर चालू असतेवेळी लक्षावधी वेळा ते वापरले जातात. त्यामुळे जो प्रचंड ताण या संपर्कबिंदूंवर पडतो तो सहन करण्यास ते झीज व घर्षणरोधक असणे अत्यंत आवश्यक असते. ते अगदी खात्रीचे असावे लागतात आणि अनेक गुणवत्ता-कसोटचा पार पाडणारे हवे असतात. असे संपर्कबिंदू बहुधा रूप्याचे केले जातात. रूप्याच्या बाबतीत तज्ज्ञ फार समाधानी असतात, आपले कठीण काम हा धातु अगदी परिपूर्णपणे पार पाडतो. पण दुर्मिळ मृत्तिका म्हणून ओळखली जाणारी मूलद्रव्ये जर रूप्यात मिसळून त्यांचे संपर्कबिंदू तयार केले तर त्यांच्या उपयुक्त आयुष्यात कित्येक पट वाढ होते.

पाश्चिमात्य वृत्तानुसार काही जेट इंजिनांची नॉझले ऊर्फ प्रोथ रूपे मिसळलेल्या स्पंजी टंगस्टनपासून तयार करण्यात आलेली आहेत. अनेकांना एक घटना माहीतही नसेल की १९६३ मध्ये समुद्रात गूढपणे नाहीशा झालेल्या "थ्रेशर" या अमेरिकन पाणबुडीमध्ये, असलेले संचायक तयार करण्यासाठी कित्येक टन रूपे वापरण्यात आले होते.

रूपे एवढे तन्यक्षम व प्रसरणशील आहे की सोनार एक ग्रेन (सुमारे ०.०६४८ ग्रॅम) रूप्यापासून केवळ ०.०००0३ सें. मी. जाडीचे पातळ व पारदर्शक पान (किंवा या पुस्तकाच्या पानापेक्षा १५० पट पातळ) बनवू शकतो तर १ ग्रॅम रूप्याची सुमारे दोन कि. मी. लांबीची तार काढू शकतो.

शुद्ध रूपे पांढरा, चकचकीत रंगाचा मोठा आकर्षक धातु असून त्याचे "अर्जेंटम" हे जे लॅटिन नाव आहे ते "अर्जेंटा" या संस्कृत शब्दावरून बनलेले आहे.

आपण आता नावाचीच चर्चा केली असल्यामुळे नावांशी ज्या वैशिष्टचपूर्ण घटना किंवा वस्तुस्थिती निगडित आहेत त्या थोडचा पाहू या. नव्या मूलद्रव्यांचे नामकरण करण्याच्या कामी जगाचा नकाशा नेहमीच उपयोगी पडला आहे.

मेंदेलेयेवच्या आवर्ती सारणीवर जरा नजर टाका म्हणजे जर्मानिअम, फ्रान्सिअम, युरोपिअम, अमेरिसिअम, स्कँडिअम, कॅलिफोर्निअम ही नावे वरील विधानास चांगलीच पुष्टी देतील. अशी नावे चांगली परिचित व सर्वसामान्य आहेतच, पण एखाद्या मोठ्या नदीस किंबहुना सबंध देशास या धातूच्या सन्मानार्थ नाव दिले गेल्याचे उदाहरण बहुधा विरळाच. हा धातु म्हणजेच रूपे असून सुमारे ४०० वर्षांपूर्वी याबाबत जे घडले ते असे:

१६ व्या शतकाच्या आरंभी जुआन डिअँझ द सॉलिस या समुद्रप्रवाशास, दक्षिण अमेरिकेच्या पूर्वेकडील किनाऱ्याकडून समुद्रास मिळणारी एक भली मोठी नदी दृष्टोत्पत्तीस आली. फारसे अनुमान न करता त्याने स्वतःचेच नाव त्या नदीस देऊन टाकले. दहा वर्षांनंतर कॅप्टन सॅबॅस्टियन कॅबॉट याने याच नदीतून वरच्या अंगास प्रवास केला आणि आपल्या लोकानी स्थानिक गावकऱ्यांकडून प्रचंड प्रमाणात जे रूपे हस्तगत केले ते पाहून चकितच झाला. मग त्याने नदीचे रिओ द ला प्लटा (स्पॅनिश भाषेत 'ला प्लटा' म्हणजे 'रूपे' असा अर्थ होतो) असे नाव ठेवले. पुढे तर साऱ्या देशाचेच ते नाव ठरले. तथापि १९ व्या शतकाच्या प्रारंभी स्पेनची सत्ता उलथून टाकली गेली आणि गतकाळातील कटू स्मृती पुसून टाकण्यासाठी तेथील लोकानी पूर्वीचे ला प्लॅटा हे स्पॅनिश नाव बदलून "अर्जेंटिना" हे लॅटिन नाव ठेवले.

भौगोलिक नावाशी रूप्याचा संबंध दाखविणारी आणखी एक कथा प्रचलित आहे. १५७७ मध्ये नव्यानेच नौसेनापती पदावर नियुक्त केल्या गेलेल्या फॅन्सिस ड्रेक याच्या अधिपत्याखाली जहाजांचा एक तांडा इंग्लंडच्या किनाऱ्यावरून निघाला. राणी एलिझाबेथने त्यास हे उच्चपद देऊन त्याच्या अनेक वर्षांच्या एकनिष्ठ सेवेचा सन्मान केला होता आणि ही सेवा कोणती तर चाचेगिरीची! त्याच्या या नव्या मोहिमेस राणीचा शुभाशिर्वाद होताच. दक्षिण अमेरिकेच्या प्रशांत महासागराच्या किनाऱ्यावरील स्पेनची शहरे लुटणे हा मोहिमेमागचा हेतु अर्थातच गुप्त राखण्यात आलेला होता. या लुटालुटीतून श्रीमंत होण्याच्या इच्छेने राणी व तिचा गोतावळा अर्थातच ड्रेक आणि कंपनीचे "भागधारक" झालेच होते.

अनेक महिने ड्रेकची जहाजे समुद्रप्रदेशात फिरत होती आणि राणीची इच्छा पुरी करण्याचे काम कसोशीने करीत होती. ज्या अनेक लढाया झाल्या त्यात ड्रेकची पाचापैकी चार जहाजे बुडाली पण "गोल्डन हाईंड" हे निशाणाधारक जहाज मात्र किनाऱ्यावरील शहरवासियांच्या मनात थरकाप उडवित आपली कामगिरी करीत होते. एके दिवशी संध्याकाळच्या वेळी हे लुटारू जहाज कॅलॉवनजिक पोहोचले आणि बंदरात ३० स्पॅनिश जहाजे नांगरलेली ड्रेकने पाहिली. ड्रेकच्या अंगचे धाडस अद्वितीय होते यात शंकाच नाही. त्याने आपले "गोल्डन हाईंड" सरळ स्पॅनिश जहाजांच्या तांड्यातच घुसविले आणि रात्रभर त्यांच्या समवेत उभे केले. स्पॅनिश जहाजांवरील खलाशांपाशी भरपूर दारू होती आणि मध्यरात्रीनंतरही मद्यपान व धिंगाणा चालू होता. काही जण नजिकच्या जहाजावरील खलाशांशी मोठमोठ्याने गप्पा करीत होते आणि नुकतेच बंदर सोडलेल्या आपल्या सहकारी जहाजांबद्दल चर्चा करीत होते. त्यांच्या बोलण्यातून ड्रेकने हेरले की "कॅकाफुगो" नामक एका स्पॅनिश जहाजाने तुडुंब संपत्तीसह नुकतेच कूच केले आहे. हे समजताच ड्रेकने नांगर वर खेचला आणि त्या स्पॅनिश जहाजाचा पाठलाग सुरू केला.

ड्रेकच्या जहाजाला "गोल्डन हाईंड" ऊर्फ सोनेरी हरिणी असे जे नाव होते ते खरोखरीच सार्थ होते. चपळ हरिणीच्याच वेगाने ते पळत असे आणि त्याच्या वेगाशी फारच थोडी जहाजे स्पर्धा करू शकत. थोडक्याच अवधीत एक्वॅडॉरच्या किनाऱ्याजवळ ड्रेकने त्या शत्रुजहाजास गाठले. त्यानंतर ज्या घडामोडी घडल्या त्याचे वर्णन ड्रेकच्याच एका सहकाऱ्याच्या शब्दात ऐका: "दुसरे दिवशी

सकाळी कॅकाफुगोवरील संपत्तीची तपासणी व मोजदाद सुरू झाली व ती सहा दिवस चालू होती. त्यामध्ये अनेक हिरे होते, रूप्याच्या नाण्यानी भरलेली १३ खोकी होती, ८० पौंड सोने होते आणि शिक्कामोर्तब नसलेल्या रूप्याची १६ पिपे आढळली... सहाव्या दिवशी आम्ही कॅकाफुगोच्या कप्तानास रामराम ठोकला आणि सुटकेचा निश्वास टाकीत त्याने पनामाकडे धाव घेतली. आम्ही आमचे "गोल्डन हाईंड" विस्तीर्ण समुद्रप्रदेशी हाकारले."

दूरदर्शी ड्रेकने एक वस्तुस्थिती तात्काळ ध्यानात घेतली की आपल्या मुक्कामी पोहोचेपर्यंत "गोल्डन हाईंड"ला केवढा तरी प्रवास करावयाचा असून, आपली संपत्ती परत मिळविण्यासाठी स्पॅनिश लोक पुन्हा परत येणे अगदी शक्य आहे. पण लुटीच्या मालामुळे "गोल्डन हाईंड" एवढे वजनदार झाले होते की आपला उच्चतम वेग ते ठेवूच शकत नव्हते. आपल्या व्यावहारिक ज्ञानावर वा अनुभवावर ड्रेकने विसंबणे जरूरी होते की हावरटासारखा द्रव्यलोभ उरी बाळगावयास हवा होता? ड्रेकने याबाबत अगदी अचूक असाच निर्णय घेतला; शिक्कामोर्तब नसलेले ४५ टन रूपे समुद्रात फेकून देण्यात आले. या गमावलेल्या लुटीच्या आठवणीप्रित्यर्थ या चाच्यानी नजिकच्या बेटास ला प्लॅटा हे नाव बहाल केले.

सोने, रूपे आणि इतर मौल्यवान संपत्ती सागरतळी जाण्याचा हा काही एकुलता एक प्रसंग मुळीच नव्हे. समुद्रसंचाराच्या हजारो वर्षांच्या इतिहासात हजारोच्या संख्येने जहाजे बुडालेली असून त्यापैकी कितीतरी जहाजांवर मौल्यवान संपत्ती भरलेली होती. या सत्य परिस्थितीमुळे अनेक लोभी माणसांची कायमची झोप उडालेली आहे.

एकदा पोटात रिचविलेली ही संपत्ती, कुणालाही परत करण्यास समुद्र नेहमीच नाखूष असतो. पण लोकांची आशा दुर्दम्य असल्यामुळे ती मिळविण्याचे असंख्य प्रयत्न झाले व होत आहेत.

१९३९ सालची हकिकत. फ्लॉरिडाच्या नैऋत्य किनाऱ्यानजिक असलेल्या "पिजन कीज" या बेटा-

जवळील उथळ समुद्रात काम करतेवेळी एका म्हाताऱ्या कोळयास लांबट चौकोनी आकारातील ओबडधोबड ठोकळे सापडले. आपल्या बोटीला स्थैर्य देण्यासाठी वजने म्हणून त्याने त्यांचा वापर केला मग पण पुढे ते समुद्रात फेकून दिले. बोटीवर एक ठोकळा अनवधानाने शिल्लक होता व म्हातारा त्याचा ऐरणीसाठी अधूनमधून वापर करे. दोन वर्षे निघून गेली व हातोडयाच्या ठोक्यांमुळे व चरे पडण्यामुळे तो मृदू झाल्या सारखा वाटू लागला आणि त्याचा पृष्ठभाग चकचकीत दिसू लागला. तेव्हा कुठे त्या कोळयाच्या डोक्यात स्वच्छ प्रकाश पडला की "ऐरण" म्हणून वापरत असलेला ठोकळा प्रत्यक्षात शुद्ध रूप्याचा आहे! परमेश्वराने आपणहून त्याच्या पदरात संपत्ती बांधली खरी पण त्या मूर्खाने स्वतःच्या हातानी ती समुद्रात फेकून दिली होती.

पण अजूनही त्या जागी असे ठोकळे कदाचित शिल्लक असतीलही, असा त्याने विचार केला आणि पूर्वी ज्या जागी ते सापडले होते तेथे त्या कोळयाने खूप शोध घेतला. पण व्यर्थ. ज्या खडकांवर पूर्वी कधी काळी एखादे अज्ञात जहाज फुटले असावे असा तो खडक शर्थीचे प्रयत्न करूनही दृष्टोत्पत्तीस आला नाही.

समुद्रात बुडलेल्या संपत्तीबाबत मॅकी हा अमेरिकन पाणबुडया अधिक नशिबवान ठरला. १९६९ च्या समध्ये फ्लॉरिडाच्या किनारी प्रदेशात व की लार्गोच्या समुद्रांतर्गत टेकडयांपासून जवळच मॅकी सर्वेक्षण करीत होता. एक दिवस त्यास सुमारे २० मीटर खोलीपाशी फुटलेल्या जहाजासारखे काहीतरी आढळले. मग त्याने काळजीपूर्वक पाहणी केली आणि अनेक बंदुका सापडल्या. नांगर सापडला व त्याबरोबरच लांबट आकारातील तीन वजनदार ठोकळेही मिळाले. मॅकीचे कुतुहल वाढून ते सारे सामान त्याने किनारी आणले. मॅकीला ते एक फार मोठे पारितोषिकच ठरले! ते ठोकळे म्हणजे शुद्ध चांदी असल्याचे सिद्ध झाले व त्यांवर "ना-सॉ" असा शिक्काही दिसत होता. वॉशिंग्टन येथील ऐतिहासिक वस्तुसंग्रहालयातील तज्ज्ञानी ते ठोकळे तपासले व सिद्ध केले की ते शिक्के पनामातील एका जुन्या खाणीचे निदर्शक आहेत. तसेच, मॅकी यास फुटलेले जे जहाज सापडले ते १४ स्पॅनिश जहाजांपैकी एक असून १७१५ च्या भयानक चक्री वादळात ही जहाजे सापडून फुटली व समुद्रतळी गेली होती.

फ्लॉरिडा येथील वर उल्लेखिलेला कोळी व मॅकी हे काही हेतुपुरस्सर समुद्रतळी गेलेल्या संपत्तीचा शोध घेणारे पाणबुडे नव्हते. परंतु निश्चित योजना आखून अशा बुडालेल्या संपत्तीचा अनेकदा शोध घेतला जातो. पण याचा अर्थ असा नव्हे की बहुतेक वेळा हे योजनापूर्वक काम यशस्वीच होते. कधी कधी मुळीच अपेक्षा नसताही यश मिळून जाईल तर यशाची खात्री असूनही निराशा पदरी येईल. अशा यशापयशाच्या एका खेळाचा या ठिकाणी उल्लेख उचित ठरेल. १७ व्या शतकाच्या अखेरच्या कालातील ही गोष्ट आहे. २ ऱ्या जेम्सने (इंग्लंडच्या राजाने) विल्यम फिप्स यास बहामा बेटाजवळ पूर्वी संपत्तीने भरलेली स्पेनची जी जहाजे बुडाली होती त्यांचा शोध

करून बुडालेली संपत्ती मिळते का ते पहाण्यास सांगितले.

फिप्सच्या या मोहिमेत दिवस, आठवडे व महिन्यांमागोमाग महिने गेले पण फुटलेल्या जहाजांचा काही शोध लागेना अखेर एक वर्ष पूर्ण झाले आणि आपण अयशस्वी ठरलो याची कबुली फिप्सला देणे भाग ठरले. त्याने आपल्या साऱ्या सहकाऱ्याना गोळा केले व शोध घेण्याचे काम बंद करण्यात आल्याचे दु:खित अंत:करणाने जाहीर केले. अपयशाचा संतापही मनात खदखदत होता आणि सहकाऱ्यांशी बोलता बोलता टेबलाखाली जी काही वस्तु पडली होती त्यावर लाथ घालून त्याने संताप, उद्विग्नता इत्यादी सारे मनोभाव व्यक्त केले. लाथेसरशी ती गोलाकार वस्तु गडगडत गेली. ती प्रवाळशैलासारखी दिसत होती खरी पण संशय वाटावा एवढ्या नियमित आकाराची दिसत होती. फिप्सला संशय आलाही. त्याने हातोड्याने जमलेला प्रवाळमय भाग फोडला व आतमध्ये लाकडी पिंप दिसू लागले. ते करवतीने कापताच त्यातून सोन्या रूप्याची नाणी जमिनीवर घरंगळत पसरली.

असे निष्पन्न झाले की त्यांपैकी एका पाणबुड्यास ती प्रवाळशैलाप्रमाणे दिसणारी वस्तु मिळाली होती व त्यानेच ती टेबलाखाली टाकून दिली होती. ताबडतोब अनेक पाणबुड्यानी समुद्रात उड्या ठोकल्या आणि प्रवाळशैल आढळलेली जागा पिंजून काढण्यास सुरुवात केली. पाचपंचवीस प्रवाळशैल ऊर्फ सोन्या रूप्याच्या नाण्यानी भरलेली पिपे वर काढली गेली.

हे धुंडाळण्याचे काम चालूच राहिले. एका पाणबुडा–घुमटात बसून स्वत: फिप्स अनेक वेळा पाण्यात घुसला. तीन महिन्याच्या कालावधीत या मोहिमेद्वारे ३० टन चांदी, भरपूर सोने आणि नाण्यानी भरलेल्या अनेक पेट्या मिळविल्या गेल्या.

सागरतळी आढळणाऱ्या रूप्यामुळे आंतरराष्ट्रीय वादही निर्माण झाले आहेत. १९२२ पासून तशा झगड्याना सुरुवात झाली. सागराच्या पोटी गेलेल्या संपत्तीचा शोध घेणाऱ्या सीफाईंडर्स कंपनीच्या रॉबर्ट मार्क्स याना बहामापासून ४५ मैलांवर एक बुडालेले स्पॅनिश जहाज सापडले. काही दिवसातच त्यावरील संपत्ती मिळविण्याच्या दृष्टीने कामास सुरुवात झाली आणि ते काम मोठ्या वेगाने होऊ लागले. लवकरच असे दिसून आले की १६५६ मध्ये हे जहाज बुडाले होते व त्यावर रूप्याचा मोठा साठा व इतर किंमतवान साहित्य होते. प्राथमिक अंदाजात असे निष्पन्न झाले की त्याची एकूण किंमत २०००००० डॉलर्स तरी असावी.

ही सारी संपत्ती जहाजाच्या भांडारखान्यात किंवा खोल्यांमध्ये सुरक्षित असण्याची दाट शक्यता होती. आणि ते खरेच ठरले. दोनतीन आठवड्यानंतर त्यापैकी काही भाग वर खेचला गेला. कंपनीच्या प्रमुख मंडळीनी मोठ्या आनंदाने एकमेकाशी हस्तांदोलन केले आणि तोच एक समस्या उभी राहिली. बहामा सरकारला याचा सुगावा लागला आणि त्याने त्या सर्व धनावर स्वत:चे स्वामित्व सांगितले! सारे काम थांबवावे लागले आणि हे भांडण एवढे विकोपास गेले की खुद्द अमेरिकेच्या परराष्ट्र खात्यास त्यात पडावे लागले. त्यानी जाहीर केले की बुडलेले जहाज बहामाच्या सागरी हद्दीत नसून आंतरराष्ट्रीय सागरी प्रदेशात आढळले आहे. म्हणूनच त्यावर व त्यातील संपत्तीवर बहामाचा काही हक्क नाही. हा वाद अद्यापीही चालूच असून त्याचा कसा शेवट होईल ते काहीच सांगता येत नाही.

अशी संपत्ती मिळणे अतिशय दुर्मिळ असते हे माहीत असूनही त्या पाण्याखाली लपलेल्या नशिबाचा शोध घेणाऱ्या लोकांची संख्या दिवसेंदिवस वाढतच आहे. पाणबुड्यांसाठी आज उपलब्ध असणारी विविध उपकरणे, पोशाख, कृत्रिम श्वसन व्यवस्था आणि पृष्ठभागी असणाऱ्या जहाजाशी सतत संपर्क राखण्याची सोय यामुळे फिप्सच्या पाणबुड्यांपेक्षा त्याना यशस्वी ठरण्याची अधिक संधी आहे. फिप्सचे पाणबुडे बिचारे स्वत:च्या केवळ फुफ्फुसांवरच काय ते विसंबून होते.

भूपृष्ठावरही रूप्याच्या वस्तूंचे, साहित्याचे साठे

सापडतातच. उदाहरणार्थ, काही काळापूर्वी रूप्याची १००० अरबी नाणी गोटलँड या स्वीडिश बेटावर मोठ्या चमत्कारिक परिस्थितीत सापडली. ज्यास हे धन सापडले तो नशिबवान प्राणी कोण होता, तर एक ससा! त्यास एक बीळ खोदावयाचे होते व ते ठिकाण जूर्स नामक एका छोटया गावानजिक होते. त्या सशाचे काम निम्मे पुरे झाले नाही तोच त्याच्यावर धातूंच्या चकत्यांचा वर्षाव झाला. त्या साऱ्या चकत्या बिळाबाहेर फेकण्यात त्या सशाने फार मोठे श्रम नक्कीच घेतलेले असणार. लवकरच ती नाणी पुरातत्त्ववेत्त्याना आढळली आणि त्यानी ती स्टॉकहोम ऐतिहासिक वस्तुसंग्रहालयाकडे पाठवून दिली. तेथील तज्ज्ञानी जे मत मांडले ते पुढीलप्रमाणे:

एके काळी गोटलँड युरोपीय व्यापाराचे संपन्न केंद्र ठरले होते आणि निरनिराळ्या देशातील व्यापारी त्यास भेट देत असत. हजारो प्रकारच्या नाण्यांची या ठिकाणी अदलाबदल होत असे किंवा ती नशीब धुंडाळणाऱ्या लोकांच्या पेटयात बंदिस्त होत. कधी कधी व्हायकिंग लोकांच्या धाडीही पडत आणि नाणी वा सोनेरूपे त्यांच्या हाती पडे. एका दंतकथेनुसार त्या सशास जे धन सापडले ते पूर्वीच्या काळी व्हायकिंग लोकांचा जो स्टेव्हर नामक प्रमुख होत त्याने पुरलेले होते. तेथील स्थानिक लोकांचा असा समज होता की सुमारे १५० वर्षांपूर्वी गोटलँडमधील कोण्या एका दारूड्या शेतकऱ्यास स्वप्नात सैतान भेटला व त्याने स्टेव्हरच्या धनापैकी (नाण्यांपैकी) ओंजळभर नाणी त्यास दिली. याबरोबरच त्याच्या कानात एक गुप्त गोष्टही सांगितली की पाच पिढ्यांनंतर स्टेव्हरचे ते सारे धन लोकाना सापडेल.

वरील दंतकथेस काही विश्वसनीय पार्श्वभूमी आहे की नाही हे सांगणे कठीण आहे. पण अत्यंत अविश्वसनीय वस्तुस्थिती ही की खरोखरीच नेमक्या पाच पिढ्यांच्या कालावधीनंतर ही संपत्ती दंतकथेत सांगितलेल्या बरोबर नेमक्या जागी सापडली! हे जर खरे असेल तर सैतानाने त्या शेतकऱ्याला हे का नाही सांगितले की या साऱ्या खेळात अत्यंत महत्त्वाची भूमिका जर कुणी बजावणार असेल तर तो ससा नावाचा एक भित्रा प्राणी.

# १७. कठीण पण ... मृदु

संकटानी घेरलेली मोहीम – "टिन प्लेग" – रशियन हिंवाळ्याचा प्रताप – बटनांचा सत्यानाश – साऱ्याचे कारण चेटकिणी – अणु जादा जागा घेतात – "प्लेगवर लस" – कथिलाचे "रडणे" – कथिलाच्या झाळणधातूचे भवितव्य – कठीण आहे की मृदु? – थडग्यात सापडलेली वस्तु – हेफॅस्टस ॲचिलसला शस्त्रसज्ज करतो – ॲझ्टेकमधले चलन – ज्युलियस सीझरचा पाठिंबा – "राजाचीच चूक आहे" – प्रदर्शनातील वजनदार वस्तु – केप स्वॅटोईनॉची मोहीम – फोर्ड मोटर कंपनीची काच – उष्णता पकडणारे – बँक-मोहिमेची विफलता – कथिलाची त्यागमय भूमिका.

सुप्रसिद्ध ध्रुवप्रदेश संशोधक कॅप्टन राबर्ट स्कॉट हा १९१० मध्ये दक्षिण ध्रुवप्रदेशाच्या मोहिमेवर निघाला. त्यावेळी एक अज्ञात प्रदेश म्हणूनच दक्षिण ध्रुवाकडे पाहिले जात असे. मोठ्या हालअपेष्टात अनेक महिने ही मोहीम चालू होती. परतीच्या प्रवासासाठी पुरेसा अन्नाचा व रॉकेलचा साठा बरोबर घेण्यात आलेला होता.

१९१२ च्या सुरुवातीस आपल्या अखेरच्या मुक्कामावर ही मोहीम पोहोचली खरी पण निराशेचा दारूण आघात सहन करण्यासाठीच. तेथे पोहोचणाऱ्यांसाठी एक पत्र ठेवलेले आढळले व त्यातील मजकुरानुसार त्याना समजले की नॉर्वेचा संशोधक रोल्ड आमुंडसेन हा एक महिन्यापूर्वी तेथे पोहोचलेला होता. साऱ्यांचीच निराशा झाली. नाईलाजाने ते परतीच्या प्रवासास निघाले. पण दुर्दैव इथेच संपलेले नव्हते. हा परतीचा प्रवास चालू झाला व उपयोगी पडणारा अन्नसाठा रॉकेलविरहित आढळला. थकले भागलेले, भुकेले आणि थंडीने गारठलेले हे लोक अन्नतर शिजवू शकत नव्हतेच पण उबेसाठी गरमीही मिळवू शकत नव्हते. मोठ्या मुष्किलीने ते दुसऱ्या साठ्यापाशी कसेबसे पोहोचले तर त्या ठिकाणीही हाच प्रकार आढळला, रॉकेलचा साठा नाहीसा झाला होता, डबे रिकामे पडले होते. ध्रुवप्रदेशाच्या जीवघेण्या थंडीत सुसाट थंड वादळाच्या तडाख्यात ते मार्गक्रमण करत होते. पण हा सारा प्रवास जणू केवळ मृत्युमुखी पडण्यासाठीच होता. पाहता पाहता रॉबर्ट स्कॉट व त्याचे सहकारी त्या बर्फाच्या वाळवंटात कायमचे नाहीसे झाले.

त्या डब्यांमधील रॉकेल कोणत्या गूढ कारणामुळे नाहीसे झाले असावे? मोठ्या दूरदर्शीपणे आयोजित करण्यात आलेल्या मोहिमेचा एवढा दुःखद अंत का व्हावा? कॅप्टन स्कॉटची अशी कोणती चूक झाली.

खरे तर कारण अगदी साधे होते, रॉकेलचे डबे कथिलाने झाळलेले होते. मोहिमेतल्या साऱ्यानाच बहुधा ठाऊक नसावे की गोठविणाऱ्या तपमानात कथिलाला "थंडी बाधते." त्यामुळे प्रथम त्याचा चमकदारपणा नाहीसा होतो व रंग फिका करडा होते व अखेरीस ते भुग्यात विघटित होते. हाच तो "कथिलास होणारा प्लेग" अथवा "टिन प्लेग" नामक आविष्कार असून त्यानेच मोहिमेचे दुर्दैवी भवितव्य पक्के केले.

तथापि वरील दुःखद घटना घडण्यापूर्वी कितीतरी आधीपासून ठाऊक होते की कथील या रोगास बळी पडते. मध्ययुगाच्या अगदी सुरुवातीच्या काळापासूनच लोक जाणून होते की अतिथंड हवामानात कथिलास क्षते पडतात आणि ही क्रिया पुढे चालू राहून अखेर धातूची भुकटी पहावयास मिळते. तसेच, कथिलाच्या एखाद्या "आजारी" पत्र्याचा दुसऱ्या "निरोगी" पत्र्याशी जर संबंध आला तर त्यासही या रोगाची बाधा होते, त्यावर करड्या रंगाचे ठिपके दिसू लागतात आणि त्याचेही अखेर भुकटीत रूपांतर होऊन नाश होतो.

गतशतकाच्या अखेरीस, कथिलाच्या दांड्यानी भरलेली एक मालगाडी हॉलंडमधून रशियास पाठविली गेली. मॉस्कोत ती पोहोचल्यावर डबे उघडून जेव्हा पाहिले गेले तेव्हा त्यांमध्ये करड्या रंगाची, निरूपयोगी भुकटीच आढळली. रशियातील थंडीने हा सारा प्रताप करून ठेवला होता.

याच सुमारास परिपूर्ण साधनसामुग्रीनिशी सैबेरियाकडे एक मोहीम पाठविली गेली. ती पूर्णपणे यशस्वी ठरावी म्हणून सर्व काही काळजी घेतल्याचे दिसत होते, पण एक चूक झाली, कथिलाच्या थाळ्याबरोबर घेण्यात आल्या होत्या. एकंदर अनुभव असा ठरला की यापुढे अशा मोहीम यशस्वी ठरावयाच्या असतील तर चमचे, भांडी, ताटे इत्यादी वस्तू लाकडात खोदलेल्या किंवा लाकडापासून तयार केलेल्या असाव्यात.

या शतकाच्याच अगदी सुरुवातीसच सैन्याच्या पीटर्सबर्ग भांडारात एक धक्कादायक घटना नजरेस आली. त्या भांडाराची तपासणी करण्यास आलेल्या तपासनिसानी भांडार-प्रमुखाच्या नजरेस आणले की सैनिकांच्या गणवेशाना लावावयाची बटने खोक्यातून नाहीशी झाली असून त्याऐवजी करड्या रंगाचा

भुगा डब्यात आहे. भांडारप्रमुखास ते पाहून धडकच भरली व आपणास आता अटक होऊन कडक शिक्षा भोगावी लागणार असे त्याच्या मनाने पक्के घेरले. पण दरम्यान खोक्यातील भुकटी रासायनिक प्रयोगशाळेकडे तपासण्यासाठी पाठविली गेली आणि त्यांच्या अहवालामुळे भांडार प्रमुखावरील गंडांतर टळले. त्या अहवालात म्हटले होते, "जी भुकटी तुम्ही पाठविली आहे ती नि:संशय कथीलच आहे. त्याच्या एका रासायनिक गुणधर्माचा येथे अनुभव आला असून त्यास "टिन प्लेग" असे म्हटले जाते."

कथिलाचे अशा प्रकारे विघटन होण्यामागे कोणती प्रक्रिया घडून येते? मध्ययुगात धर्मगुरूंची अशी कल्पना होती की चेटकिणींमुळे "टिन प्लेग" होत असावा व या समजुतीपायी अनेक निष्पाप स्त्रियाना जिवंत जाळले गेले. पुढे पुढे विज्ञानाच्या प्रसारामुळे या समजुतीतील फोलपणा जरी ध्यानात आला तरी त्यामागील खरे कारण समजण्यास फार मोठा काळ जावा लागला.

पुढे धातूशास्त्रज्ञांच्या मदतीस सूक्ष्मदर्शक उपलब्ध झाला आणि मग धातूंच्या अंतरंगात डोकाविणे व त्याची स्फटिकमय संरचना अभ्यासणे शक्य झाले.

या अभ्यासामुळेच जादूटोण्यांच्या कल्पनाना कायमची मूठमाती तर मिळालीच पण त्यामागचे रहस्य नाहीसे होऊन शुद्ध शास्त्रीय कारणमीमांसाही स्पष्ट झाली, असे दिसते की कथिलाच्या बाबतीत (आणि इतरही धातूंच्या बाबतीत) वेगवेगळया परिस्थितीनुसार वेगवेगळया स्वरूपाची स्फटिक रचना अस्तित्वात येऊ शकते. सभोवतालच्या व त्यापेक्षा उच्च तपमानात कथिलाचा "शुभ्र कथील" हा प्रसरणशील प्रकार (नेहमी पहावयास मिळणारे स्वरूप) अत्यधिक स्थैर्याचा, टिकणारा असतो. १३ अंश से. तपमानाच्या खाली या धातूच्या स्फटिकरूप रचनेची (जाळीची) पुनर्रचना होते व त्याच्या अणुअणूंमध्ये जास्त जागा निर्माण होते. म्हणजेच वेगळया प्रकारचे कथील अस्तित्वात येते व त्यास करड्या रंगाचे कथील ऊर्फ "ग्रे टिन" म्हणतात. धातूचे खास असे त्याचे गुणधर्म लोप पावतात आणि अर्धवाहक प्रकार अस्तित्वात येतो. अंतर्भागात वेगवेगळया ठिकाणी निर्माण होणाऱ्या ताणांमुळे पदार्थ तडकून त्यास चिरा पडू लागतात व अखेर भुकटीरूपात विघटन होते. माध्यमाचे तपमान जेवढे कमी तेवढे या धातूच्या एका स्थितीचे दुसऱ्या स्थितीत जलद गतीने रूपांतर होते. उणे ३३ अंश से. तपमानात अशा बदलाचा वेग सर्वात जास्त असतो हे ध्यानात घेतल्यास सहजच उलगडा होईल की अत्यंत थंडीमध्ये कथिलाच्या वस्तूना जास्तीत जास्त अपाय का होतो.

या ठिकाणी वाचक सहजच शंका घेईल की रेडियो व इलेक्ट्रॉनिक साहित्यांचे (विशेषत: अर्धवाहकांचे) झाळकाम करण्यासाठी कथिलाचा फार मोठ्या प्रमाणात वापर करण्यात येतो. तसेच तारांवर व उपकरणांच्या काही भागावर कथिलाचा थरही दिला जातो; म्हणजेच हे सारे साहित्य आर्टिक्ट, अंटार्टिक्ट व इतरही थंड प्रदेशात जातेच जाते. याचा अर्थ असाच करावयाचा काय की ही सारी उपकरणे तेथे लौकरच कुचकामी होतात? पण तसे खचितच घडत नाही. रोगराईचा कथि-

लामध्ये प्रादुर्भाव होऊ नये यासाठी या धातूस संरक्षक "इंजेक्शन" देण्यास शास्त्रज्ञ शिकले आहेत. त्यामुळे "टिन प्लेग" ची भीती राहत नाही. अशा इंजेक्शनाचा एक प्रकार म्हणजे बिस्मथ धातूचे अणू कथिलात मिसळल्यास कथिलाच्या अंतर्गत जालकरचनेस जादा इलेक्ट्रॉन पुरविले जातात आणि त्यास स्थैर्य प्राप्त होऊन "थंडीची बाधा" होण्याची शक्यता अजिबात उरत नाही.

शुद्ध कथिलाच्या अंगी एक चमत्कारिक गुणधर्म आढळतो. कथिलाचे दांडे, कांबी किंवा पत्रा वाकविताना एक विशिष्ट स्वरूपाचा तडतडण्याचा आवाज ऐकू येतो. वाकविण्याच्या क्रियेत स्फटिकांमध्ये घर्षण निर्माण होते व त्यांच्या मूळ जागा बदलून विस्कळितपणा येतो. यामधूनच कडकडण्याच्या आवाजाची निर्मिती होते. मात्र इतर धातु मिसळून कथिलाचे मिश्रधातु तयार केले असता कथील "जिभेस लगाम" घालते.

जगात कथिलाचे जेवढे उत्पादन होते त्यापैकी जवळजवळ निम्मे कथील, कथिलाचा पत्रा म्हणजेच टिनप्लेट उर्फ कथिलाचा थर दिलेला पत्रा तयार करण्यासाठी खर्ची पडते. या पत्र्यापासूनच टिनकॅन – टिनचे डबे – तयार केले जातात. कथिलाच्या उत्कृष्ट गुणधर्मांचे दर्शन या उपयोगातून घडते. ऑक्सिजन, पाणी व कार्बनी अम्लाच्या बाबतीत होणारा रासायनिक प्रतिकार, तसेच त्याच्या क्षारधर्मी संयुगांचे मानवी शरिरावर काहीही परिणाम न होण्याचा गुणधर्म या बाबतीत कथील केवळ अजोड ठरते. म्हणूनच त्यास "डब्यांचा धातु" हे जे नाव पडले आहे ते अगदी सार्थ आहे असेच म्हटले पाहिजे.

पत्र्यांवर या धातूचा थर देण्यासाठी पूर्वी वितळलेले कथील वापरत असत. स्वच्छ केलेला आणि ओंगटपणा घालविलेला पत्रा अशा रसात बुडवून काढत. पत्र्याच्या एकाच बाजूवर थर द्यावयाचा असेल तर तो स्वच्छ करून तापवीत आणि त्यावर कथील घासले किंवा चोळले जाई. ही पद्धत आता

कालबाह्य ठरली असून आज विद्युत विच्छेदनमार्गे थर दिला जातो.

कथिलाचा थर दिलेला प्रत्येक डबा आज ना उद्या कचऱ्यात जमा होतो खरा पण त्याबरोबरचे कथील ( सुमारे अर्धा ग्राम ) वाया जात नाही, ते परत मिळविले जाते. थरयुक्त पत्र्यापासून कथील वेगळे मिळविणे ही काही मोठी समस्या नव्हे, अल्क द्रव्यात ते सहजगत्या विरघळते व त्यापासून विद्युतशक्तीच्या साहाय्याने ते पुन्हा परत मिळविले जाते. अशा कामासाठी इतरही पद्धती वापरल्या जातातच. कथील क्लोरिनबरोबर विनासायास प्रक्रिया पावत असल्यामुळे जुन्या डब्यांवरून कोरडया क्लोरिनचा झोत नेला जातो व त्यातून बाष्पनशील स्टेनस क्लोराईड मिळते. त्यापासून अगदी सोप्या पद्धतीने कथील मिळविता येते.

कथील हा खूपच कमी तपमानास वितळणारा धातु आहे. हॅन्स ख्रिस्तियन अँडरसनच्या कथेतील कथिलातील सैनिकाचे जरा स्मरण करा. दुष्ट मुलाने त्यास आगीत फेकताच पट्दिशी तो वितळून गेला. या कमी तपमानात वितळण्याच्या गुणधर्मामुळेच झाळकामाच्या मिश्रधातूचा ते प्रमुख घटक असते.

एक लक्षात घेण्याजोगी वस्तुस्थिती ही की कथील (१६ टक्के), बिस्मथ (५२ टक्के) आणि शिसे ( ३२ टक्के ) अशा प्रमाणात घटक असणारा मिश्रधातु अगदी उकळत्या पाण्यात म्हणजे ९५ अंश से. तपमानात वितळतो. पण प्रत्येक घटकधातूंचा वितळणबिंदू मात्र यापेक्षा अधिक असतो. कथील २३२ अंश से., बिस्मथ २७१ अंशास व शिसे ३२७ अंश तपमानास वितळते. गॅलिअम व इंडिअम यासह तयार होणारे कथिलाचे मिश्रधातु तर आणखी कितीतरी कमी तपमानात वितळतात. उदाहरणार्थ, या मिश्रधातूंपैकी एक तर २०.६ अंश से. तपमानात वितळतो. असे मिश्रधातु खासकरून विद्युतक्षेत्रातील वितळतारांसाठी वापरले जातात

निरनिराळया प्रकारच्या ब्राँझमध्ये ऊर्फ काशांच्या प्रकारात कथील मिसळले जाते. तसेच छपाईच्या खिळयांचा मिश्रधातु आणि उच्च घर्षणरोधकता अंगी असणाऱ्या " बॅबिट मिश्रधातु " या प्रकारातही कथिलाचा वापर होतोच. हे बॅबिट मिश्रधातु धाराव्यांसाठी वापरले जातात.

कथिलाची रासायनिक संयुगे तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात मोठ्या प्रमाणात वापरली जातात. सुती व रेशमी कापड रंगविण्याच्या क्रियेत स्टॅनस व स्टॅनिक क्लोराईडे रंगबंधक म्हणून महत्त्वपूर्ण काम करतात. नैसर्गिक रेशीम फारच हलके असते आणि सहजगत्या ते रंगविले जात नाही. पण या संयुगांच्या द्रावामुळे रेशमाच्या धाग्यावर स्टॅनिक हायड्रोऑक्साईडचा थर चढतो ( कधी कधी कपड्याच्या वजनाच्या दुप्पटदेखील ) आणि धागा रंग टिकवून धरतो.

मृद्काम व काच याना लाल रंगाची छटा देण्यासाठी पर्पल ऑफ सेसिअम या संयुगाचा वापर केला जातो. क्लोराईड ऑफ गोल्डच्या द्रावात स्टेनस क्लोराईड मिसळले असता हे संयुग तयार होते. स्टॅनिक सल्फाइड ऊर्फ मोसाइक गोल्डचा वापर सोनेरी रंग म्हणून केला जातो.

लष्करी हालचालींच्या वेळी धुराचे पडदे उभारून शत्रूपासून हालचाल लपविली जाते. यासाठी स्टॅनिक क्लोराईड वापरण्यात येते. ते पाण्याबरोबर त्वरित प्रक्रिया पावते व त्यातून स्टॅनिक ऑक्साइडचा दाट धूर तयार होतो.

मानवाचा कथिलाशी केव्हा परिचय झाला हे सांगणे अवघडच आहे. अगदी इतिहासपूर्व काळीसुद्धा तांब्यात ते मिसळून तयार होणारे ब्राँझ ऊर्फ कासे प्रचारात होते. या ब्राँझची शस्त्रे तांब्यापेक्षा फारच कठीण होती. यामुळेच की काय संस्कृत " स्तान " म्हणजे कठीण - या शब्दापासून स्टॅनस हा लॅटिन शब्द तयार झाला असावा असे दिसते. तथापि इतर धातु न मिसळलेले शुद्ध

कथील मृदु असते, त्यामुळे वरील शब्द चपखल आहे असे म्हणवत नाही. या विरोधाभासास इतिहासाने जणू कायदेशीर मान्यता दिली आहे आणि धातुशास्त्रज्ञ या लवचिक, वाकणाऱ्या कथिलाशी जरी सहजगत्या खेळत असले तरी ते " कठीण " असल्याचा त्याना मुळीसुद्धा संशय येत नाही.

प्रेते पुरण्याच्या ठिकाणी, ढिगाऱ्यांमध्ये ब्रॉझच्या वस्तु सापडल्या असून त्या अगदी ६० शतकांपूर्वीच्या असल्याचे दिसून येते. थोरला प्लिनी आरशांबाबत जेव्हा लिहितो तेव्हा तो खात्री देतो की, " आपल्या वाडवडिलाना ज्ञात असलेले उत्कृष्ट दर्जाचे आरसे तांबे व कथील यांच्या मिश्रणातून तयार होणाऱ्या ब्रंडिसिअमपासून तयार केले जात."

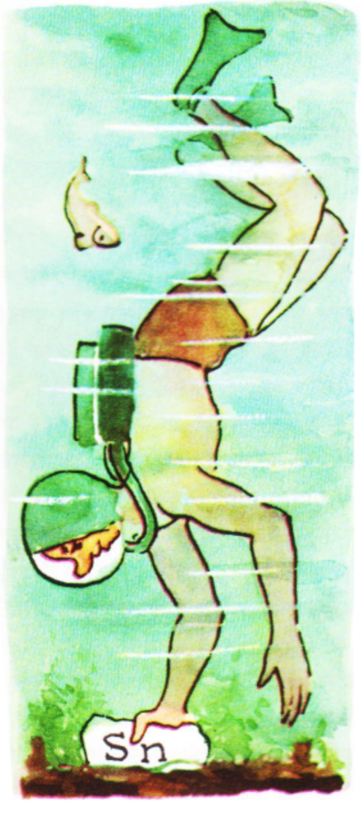
मानवी समाजाने धातुमिश्रण नसलेले शुद्ध कथील केव्हा वापरण्यास सुरुवात केली असावी हे ठामपणे सांगणे कठीण आहे. १८ व्या राजघराण्याच्या ( ख्रि. पू. १५८०-१५३० या काळात ) एका इजिप्शियन थडग्यात कथिलाचे एक वलय आणि भांडे मिळाले असून त्या कथिलाच्या अगदी प्राचीन वस्तु असाव्यात असे मानले जाते.

पेरूमधील प्राचीन इंका जमातीच्या एका गढीत पुरातत्वशास्त्रज्ञाना शुद्ध कथील सापडले असून ते ब्रॉझ तयार करण्यासाठीच आणले असावे असे सकृतदर्शनी तरी वाटते. या गढीचे रहिवासी नज्ज धातुशास्त्रज्ञ व ब्रॉझनिर्माते म्हणून प्रसिद्धी पावलेले होते. शिवाय, इंका लोकानी शुद्ध कथिलाचा काही उपयोग केल्याचेही दिसत नाही. तेथे सापडणाऱ्या विविध वस्तूंपैकी एकही वस्तु कथिलाची आढळत नाही.

स्पेनचा जेता फर्नांडो कॉर्टेझ हा १६ व्या शतकात मेक्सिकोतून जात असताना लिहितो, " टॅक्स्को परगण्यातील स्थानिक रहिवाशांजवळ कथिलाचे लहान लहान तुकडे असल्याचे पाहण्यात आले व ते अगदी पातळ अशा नाण्यांच्या स्वरूपात होते. मी माझा शोध चालू ठेवला व लक्षात आले की त्या परगण्यात व इतरत्र भागातही पैसा म्हणून ते वापरली जात ..."

इंग्लंडमधील ३ ऱ्या शतकात बांधलेल्या एका किल्ल्यात पुरातत्त्ववेत्ते काम करीत असताना त्याना धातुगालन क्रियेचे खड्डे आढळले व त्या खड्ड्यांमध्ये कथीलयुक्त मळीचे अवशेष मिळाले. याचा अर्थ असा होतो की इंग्लंडमध्ये २००० वर्षांपूर्वी किंवा त्याही अगोदरपासून कथिलाचे उत्पादन होत होते. इंग्लंडच्या इतर काही भागातही कथिलाचे उत्पादन होत असल्याची माहिती ज्युलियस सीझरने आपल्या " दे बेलो गॅलिको " या पुस्तकात दिलीच आहे.

अगदी प्राचीनतम कालापासून कॅसिटेराइट अथवा " कथिलाचा दगड " ( टिनस्टोन ) हेच खनिज कथिलासाठी प्रामुख्याने वापरले जात आहे. या खनिजाचे विस्तृत व विपुल साठे मलाया द्वीप समुहात आढळतात. सोविएत संघामध्ये ते अती-



पूर्वेकडे, बैकाल प्रदेशाच्या पलिकडे व कझाखस्तानात सापडते. डालोलोवो कॉम्प्लेक्सच्या वस्तुसंग्रहालयात या खनिजाचा अति दुर्मिळ नमुना असून तो जरी ३०—२० सें. मी. आकाराचा व अवघा ८ सें. मी. जाडीचा असला तरी वजनात तो अगदी ५० कि. ग्रॅ. भरतो.

कित्येक वर्षांपूर्वी गॅमा-किरणांचा वापर असलेले एक उपकरण तयार केले गेले असून ते हातातून सहजगत्या नेण्याजोगे असते. त्याच्या साहाय्याने खनिजात कथिलाचे काय प्रमाण आहे हे भूस्तरशास्त्रज्ञ एका मिनिटात ठरवू शकतात. या उपकरणाचे खास वैशिष्टच हे की ते कॅसिटेराइट खनिजाबाबत अत्यंत संवेदनाशील असते पण ज्या स्टॅनाइटचा उद्योगधंद्यात नाममात्रही उपयोग नाही त्याकडे पूर्णतया " दुर्लक्ष " करते.

अलिकडेच सोविएत शास्त्रज्ञानी विज्ञानक्षेत्रातील एक महत्त्वपूर्ण वस्तुस्थिती उघडकीस आणली आहे. त्यानी असे दाखविले आहे की ज्या भूस्तरशास्त्रदृष्ट्या महत्त्वाच्या विभागात फ्ल्युओरिनचे अस्तित्व असते ती कथिलाच्या अस्तित्वाची निशाणी समजण्यास हरकत नाही. लाखो वर्षांपूर्वी पृथ्वीच्या पोटात खनिजे तयार होते वेळी जी परिस्थिती होती तशी परिस्थिती कृत्रिमरीत्या प्रयोगशाळेत निर्माण करून प्रयोग केले गेले, निष्कर्षांचे पृथक्करण करण्यात आले व त्यावर आधारीत असा वरील विचार मांडला गेला. त्या प्राचीन काळी कथील मोठ्या जटिल स्वरूपाच्या संयुगाच्या रूपात अस्तित्वान होते व त्यामध्ये फ्ल्युओरिन अपरिहार्यपणे अस्तित्वात होतेच होते. कालाच्या ओघात कथील व त्याची संयुगे तयार झाली ( जी पुढे खनिजसाठे म्हणून ओळखली गेली ) आणि त्यातील फ्ल्युओरिन आसपासच कायमचे टिकून राहिले. या संशोधनकार्यामुळे, कथिलाचे केवळ संभाव्य साठे शोधण्यात मदत होईल असे नसून त्यांच्या अस्तित्वाबाबत भविष्यही वर्तविता येईल.

कॅसिटेराइट खनिजासाठी भूस्तरशास्त्रज्ञ जमिनीखाली व समुद्रतळीही शोध घेतात. आतापावेतो त्याना जपानच्या समुद्रात टाखांगो उपसागरात टिनस्टोन ऊर्फ कॅसिटेराइट सापडले आहे. तसेच आर्टिक्ट समुद्रात वांकिना गुबा, केप स्टटोई नॉस आणि इतर काही ठिकाणच्या किनारी सागरप्रदेशात ते आढळले आहे. या कामात पाणबुड्यांची भूस्तरशास्त्रज्ञाना चांगलीच मदत होते आणि यामुळे भूस्तरशास्त्रज्ञानी पाणबुड्याचा पोशाख व इतर साधनसामुग्री आपल्या संशोधन साहित्याचा एक अविभाज्य भाग बनवून टाकला आहे, त्याशिवाय, स्टॅटोई नॉससारख्या ठिकाणी त्याना काहीच काम करता येणार नाही.

कथिलाचा नेहमीच अपुरा पुरवठा असल्यामुळे त्यास पर्यायी असा एखादा पदार्थ शोधण्याचा प्रयत्न नेहमीच चालू असतो. पण तरीसुद्धा कथिलाचे उपयोग एकसारखे वाढतच आहेत. काही वर्षांपूर्वी, फोर्ड मोटर कंपनी या अमेरिकन उद्योगधंद्याने तावदानाच्या काचेचे अखंडित उत्पादन करणारा एक कारखाना उभारला. ही काच २.५ से. मीटर रूंदीची असून वितळलेला काचरस, ५३ मीटर लांबीच्या टाकीत असणाऱ्या वितळलेल्याच अवस्थेत ठेवलेल्या कथिलाच्या रसावर पसरविला जातो. या कथीलरसाच्या पृष्ठभागाचा गुळगुळितपणा अगदी आदर्शवत् असल्यामुळे त्यावर थंड होणारा व घनरूप पावणारा काचेचा तक्ताही अत्यंत गुळगुळित होतो व त्यास पॉलिश करण्याचीही आवश्यकता रहात नाही.

काचेचा एक नवा प्रकार सोविएत शास्त्रज्ञानी तयार केला आहे. इतर काचांपेक्षा ती वेगळी अशासाठी की तीवर स्टॅनिक ऑक्साइडचा अत्यंत सूक्ष्म जाडीचा थर दिलेला असतो. ही काच अदृष्य असते आणि तीमधून सूर्यकिरण सहजगत्या आत जात असले तरी उष्णता मात्र बाहेर जाऊ शकत नाही. भाजीपाला पिकविणाऱ्यांसाठी ही काच म्हणजे वरदानच म्हटले पाहिजे. अशा काचेचे सर्वत्र आच्छादन असणाऱ्या हरितगृहात किंवा उष्णतागृहात दिवसभरात शिरलेली उष्णता परत बाहेर न पडता रात्रभर आतच टिकून राहते. साध्यासुध्या

काचेच्या बाबतीत ती दुसऱ्या दिवशी सकाळ होई-पर्यंत बाहेर पडून जाईल. अशा काचगृहात, बाहेरील तपमान जरी शून्य अंशाखाली १० अंश से. असले तरी आतल्या वनस्पती उबदार हवेत वाढत असतात. जेथे जेथे प्रकाशशक्ती उष्णताशक्तीत रूपांतरित करून वापरावयाची आहे अशा विविध उपकरणात, साधनसामुग्रीत ही थरयुक्त काच फार उपयोगी पडेल.

कथिलाचे हे प्रकरण आम्ही सुखद शेवट असणारी एक गोष्ट सांगून संपविणार आहोत. खरे तर ती एक गुप्तहेर कथाच म्हटली पाहिजे व त्यात कथिलाने फार महत्त्वाची भूमिका बजावली आहे.

दुसऱ्या महायुद्धाचा शेवट नजिक आला होता. तथाकथित स्वतंत्र स्लोवाक राज्याच्या राज्यकर्त्यांना हिटलरने १९३९ मध्ये आज झेकोस्लोव्हाकिया म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या देशाच्या सरहद्दीवर चांगलाच भार दिला होता. स्वतःला बलवान करण्यासाठी त्यानी स्लोवाक जनतेच्या मालकीचे सोने कबजात घेण्याचे ठरविले. काही प्रमुख बँकातील देशभक्त कर्मचाऱ्यानी त्यांचा बेत उधळून लावावयाचा निश्चय केला. सोन्याचा काही भाग गुप्तपणे स्विस बँकेकडे हलविण्यात आला व तेथे तो झेकोस्लोव्हाक गणराज्याच्या मालकीचा म्हणून ठेवला गेला आणि उर्वरित भाग ब्रॅटिस्लावा बँकेच्या तळघरात ठेवण्यात आला.

या तळघरातील सोन्याची बातमी "कठपुतली" सरकारच्या एका प्रमुखाने जर्मन वकिलातीस दिली व ते हालविण्यासाठी सैन्याची मदत मागविली.

बंदुकीच्या जोरावर सैन्याने बँकेच्या कर्मचाऱ्याना शरण येण्यास भाग पाडले व तळघरातील सोन्याच्या पेटचा आपल्या ट्रकमध्ये भरून पळविल्या. आपले काम फत्ते झाल्याच्या आनंदात त्यानी एकमेकांचे अभिनंदन केले. पण त्याना ठाऊक नव्हते की पेटयात भरलेले सोने हे सोने नसून त्या कथिलाच्या विटा आहेत!

दरम्यान बँकेच्या कर्मचाऱ्यानी खरे सोने भरलेल्या पेटयांची सिले तपासून पाहिली व ते सर्व सुरक्षित असल्याची खात्री करून घेतली. जर्मन सैन्याच्या पकडीत सापडलेला आपला देश स्वतंत्र करण्याच्या कामी आपण केव्हा उपयोगी पडू याचीच वाट ते सोने मोठ्या अधिरतेने पाहत होते.

# १८. " यातनांमध्ये " जन्मलेला !

टँटालसच्या यातना – गोंधळात टाकणारे साम्य – हेन्रिक रोझ गोंधळ दूर करतो – हातात हात घालून – शंभर वर्षांचे जुने – इशारा खरा ठरला – काही शिफारस आणली आहे काय ? – आगकाडीच्या डोक्याएवढेच ! – वाढते स्वारस्य – अ‍ॅक्वा रेजिया पराभूत – " येथे डोक्याची हाडे दुरुस्त होतात काय ?" – टँट़ॅलमचे मज्जारज्जू – अचूक रोगनिदान – मानवी सेवेत – एक महत्त्वाचे गिऱ्हाईक – प्रचंडतम तपमानात – घनिष्ट संबंधात – " गरम " कामगिरीवर – हेवा वाटण्याजोगे स्थैर्य – सोनाराच्या हातात – उज्ज्वल भविष्यकाळ.

झेऊसचा लाडका मुलगा व फ्रिजियाचा राजा टँटॅलस याने एकदा देवादिकाना भोजनास बोलाविले व त्याना खूश करण्यासाठी प्रत्यक्ष पेल्पॅल्स या आपल्या मुलाच्या मांसाची मेजवानी दिली ! त्याच्या या क्रूर कृत्याने व्यथित होऊन देवानी त्यास सतत तहानेला, भुकेला व भीतीखाली राहण्याची कायमची यातनामय शिक्षा दिली.

तेव्हापासून टँटॅलस पृथ्वीतळी आला. तो नेहमीच गळ्यापर्यंत असणाऱ्या पाण्यात असे आणि पक्व फळे असणाऱ्या झाडांच्या फांद्या त्याच्या डोक्यावर झुकलेल्या असत. तहानेने व्याकूळ होऊन पाणी पिण्यासाठी तो पाण्याला ओठ लावतो न लावतो तोच पाणी दूर जाई आणि भुकेल्या अवस्थेत फळे तोडण्यासाठी हात वर करे तोच वारा वाहून फांद्या बाजूला जात. हात उंचावण्याएवढीही शक्ती त्या पाप्याच्या अंगात राहिली नव्हती. डोक्यावर एक भला मोठा खडक झुकलेला होता तो कोणत्या क्षणी पडेल याचा नेम नव्हता.

टँटॅलसचे यातनामय जीवन कसे होते याचे ग्रीक पुराणात वरीलप्रमाणे वर्णन सापडते.

१८०२ मध्ये, स्वीडनच्या अँड्रिस एकबर्ग या रसायनशास्त्रज्ञास एक नवे मूलद्रव्य आढळले. त्याचे ऑक्साइड आम्लांमध्ये विरघळविण्याचा त्याने अपार प्रयत्न केला पण प्रत्येकवेळी निराशाच त्याच्या पदरी आली. त्यामुळे झालेला मनःस्ताप वा मानसिक यातना त्याच्या त्यालाच ठाऊक असाव्यात. बहुधा त्याचवेळी टँटॅलसच्या यमयातनांची त्यास आठवण झाली असावी. दरवेळेस एकबर्ग यशाच्या अगदी नजिक जात असे पण नवा धातु वेगळा करण्यात अपयशी ठरे. अखेर त्याने नाद सोडला पण झालेला मनःस्ताप त्याच्या लक्षात राहिला व त्याने ठरविले की नव्या मूलद्रव्यास "टँटॅलम" असेच नाव द्यावयाचे.

त्यानंतर हे उघड झाले की टँटॅलमला एक जुळा भाऊ असून तो वर्षापूर्वीच जन्मला आहे. हा जुळा भाऊ म्हणजे १८०१ मध्ये इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञ चार्लस हॅचेट यानी शोधलेले कोलंबिअम हे मूलद्रव्य होय. ही दोन्ही मूलद्रव्ये एंवढी मिळतीजुळती होती की अनेक रसायनशास्त्रज्ञांची दिशाभूल झाली. त्यांच्याबाबत उलटसुलट दीर्घकाळ चर्चा चालली व अखेर निष्पन्न काय झाले तर ही दोन्ही मूलद्रव्ये एकच म्हणजे टँटॅलमच आहेत.

हा गैरसमज ४० वर्षांपेक्षाही अधिक काळ टिकून होता. अखेर केवळ १८४४ मध्येच हेन्रिक रोझ या जर्मन रसायनशास्त्रज्ञाने सिद्ध केले की हे दोन्ही धातु अगदी वेगवेगळ्या स्वरूपाचे असून दोघानाही अगदी स्वतंत्र स्थाने आहेत. अनेक गुणधर्मात ही दोन्ही मूलद्रव्ये मिळतीजुळती असल्यामुळे रोझने कोलंबिअमचे नाव " निओबिअम " ( निओब ही टँटॅलसची मुलगी होती ) असे ठेवले.

तेव्हापासून टँटॅलम आणि निओबिअम एकमेकांशेजारी राहू लागले आणि त्यांच्या नशिबाचा खडतर प्रवास सुरू झाला.

औद्योगिक जगाने कित्येक दशकांपर्यंत टँटॅलमकडे दुर्लक्षच केले. शिवाय, वस्तुस्थितीही अशी होती की औषधापुरतेदेखिल टँटॅलम उपलब्ध नव्हते, त्यांच्या शोधानंतर १०० वर्षानी शुद्ध व सघन स्वरूपातील टँटॅलम शास्त्रज्ञाना मिळविणे शक्य झाले. त्यास १९०३ साल उजाडावे लागले आणि त्याचवर्षी टँटॅलमला त्याची पहिली कामगिरी मिळाली. टँटॅलम हा अतिउच्च तपमानास वितळणारा धातु आहे हे लक्षात घेऊन शास्त्रज्ञानी विद्युतदीपात तो वापरण्याचे ठरविले. त्यावेळी टँटॅलमपुढे दुसरी कोणताची कामगिरी नसल्यामुळे मिळेल ते काम स्वीकारणे भागच होते. तथापि, त्याच्या मनात मात्र सतत येत होते की ही काही आपली खरी कामगिरी नव्हे.

पण धातूंच्या जगात जी जीवघेणी स्पर्धा चालू होती त्यामुळे टँटॅलम आपल्या कामापासून लवकरच वंचित झाले. त्याच्यापेक्षाही अधिक उच्च वितळणबिंदू असणारे टंगस्टन नशिबवान ठरले आणि त्याने टँटॅलमची जागा पटकाविली.

त्यानंतर टँटॅलमला काही वर्षे बेकारीत घालविणे भाग पडले. जे धातु उपयोगांसाठी प्रसिद्ध होते किंवा जे भौतिकशास्त्रज्ञ, रसायनशास्त्रज्ञ आणि

इतर तज्ज्ञांकडून उत्तम शिफारसपत्र आणू शकत त्यांचाच विचार होऊन त्याना काम दिले जाई. विज्ञान आणि तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात टँटॅलमला परिचित असे फारच थोडे शास्त्रज्ञ होते आणि काहीही न करता त्यास बेकार राहणे भाग पडले. पण अखेर १९२२ मध्ये त्याचे नशीब उघडले. दिष्टकारी उपकरणात ( रेक्टिफायरमध्ये ) त्याच्या यशस्वी चाचण्या घेतल्या गेल्या आणि एक वर्षानंतर इलेक्ट्रॉन-नलिकातही ते उपयुक्त असल्याचे निष्पन्न झाले. यानंतर मात्र हा धातु तयार करण्याच्या औद्योगिक पद्धती विकसित होत गेल्या.

मजेदार वाटण्याजोगी गोष्ट अशी की १९२२ मध्ये औद्योगिकदृष्टचा तयार केली गेलेली टँटॅलमची शिग केवळ आगकाडीच्या डोक्याएवढी होती. त्यानंतर ज्या शिगा तयार केल्या गेल्या त्या कधीकधी हजारपटीने मोठचा होत्या.

पृथ्वीच्या कवचात टँटॅलमचा अंश अवघा ०.०००२ टक्के भरतो पण त्याचे १३० पेक्षा अधिक खनिजप्रकार सापडतात. ( वस्तुस्थिती अशी आढळते की त्यातील निओबिअमपासून टँटॅलम वेगळे करणे केवळ अशक्य ठरते. ) प्रमुख खनिजे म्हणजे टँटॅलाइट व कोलंबाइट ही असून आफ्रिका व दक्षिण अमेरिका येथे त्यांचे साठे आढळतात.

दुसऱ्या महायुद्धाच्या पूर्वी टँटॅलम-निओबिअम धातूंच्या खनिजाचे वार्षिक उत्पादन फक्त ६००-९०० टन होते पण १९४४ मध्ये ते कित्येकपट वाढले. एकटचा अमेरिकेत १९४० ते १९४४ या काळात ते १२ पट वाढले. या धातूमध्ये दिसणारे वाढते स्वारस्य अशासाठी की त्यावेळेपावेतो नजरेस आलेले त्याचे महत्त्वपूर्ण गुणधर्म पाहून वेगवेगळया क्षेत्रात काम करणारे शास्त्रज्ञ एकमेकांच्या बाबतीत उदासीन राहूच शकले नाहीत.

टँटॅलम हा करडचा रंगाचा उजळ धातु असून त्यास निळी छटा आहे. त्याचा वितळणबिंदू ३००० अंश से. असून त्याच्या आधी टंगस्टन व ऱ्हेनिअमचाच काय तो क्रम लागतो. त्याची उच्च ताकद, कणखरपणा व कठीणता यांचा उच्च दर्जाच्या तंतुक्षमतेशी मिलाफ झालेला आढळेल. शुद्ध टँटॅलमवर अनेक प्रकारची ( उदा. दाबकर्तनक, संरूपण इ. ) यांत्रिक कामे उत्तमप्रकारे करता येतात. ( टँटॅलमचा पातळ पत्रा अगदी ०.०४ मि. मी. जाडीचा असू शकतो. ) टँटॅलमचे तारेतही रूपांतर करता येते.

पण टँटॅलमचा सर्वात महत्त्वाचा जर कोणता गुणधर्म असेल तर त्याची अप्रतीम अशी रासायनिक रोधकता! या बाबतीत केवळ प्लॅटिनमगटातील धातूंपेक्षाच काय तो कमी दर्जाचा ठरतो, पण सर्वच बाबतीत मुळीच नाही. दुष्परिणामासाठी प्रसिद्ध अशा आक्वा रेजियामध्ये ते विरघळणे शक्य नसते, तसेच तीव्र अशा नायट्रिक आम्लातही ते शक्य नाही. २०० अंश से. तपमानास व ७० टक्के नायट्रिक आम्लात हा धातु बुडवून ठेवला

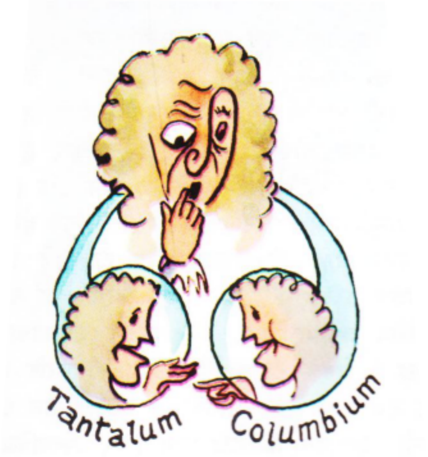
तरी तो क्षरल्याची नखभरसुद्धा खूण दिसणार नाही. १५० अंश तपमानातील सल्फ्यूरिक आम्लातही तसा काहीच प्रकार आढळणार नाही आणि २०० अंश से. तपमानातील याच आम्लात बुडवून ठेवल्यास क्षरणक्रियेचा एका वर्षात ०.००६ मि. मी. पेक्षा जास्त परिणाम झालेला दिसणार नाही. या कारणामुळेच रासायनिक उद्योगधंद्यातील एक अत्यंत महत्त्वाचा धातु म्हणून टँटॅलम ख्यातनाम झाला आहे.

आम्ले निर्माण करणारे कारखाने, टँटॅलममध्ये तयार केलेले साहित्य वापरतात. हायड्रोक्लोरिक, सल्फ्यूरिक, नायट्रिक, फॉस्फॉरिक व अॅसेटिक या आम्लांबरोबरच हायड्रोजन पेरॉक्साइड, ब्रोमाइन आणि क्लोरिन यांच्या निर्मितीक्षेत्रात टँटॅलमशिवाय चालणारच नाही. हायड्रोजन क्लोराईड वायूचा वापर असणाऱ्या एका कारखान्यात स्टेनलेस स्टीलचे साहित्य व विविध भाग दोन महिन्यांच्या वापरातच निकामी झाले. पण जेव्हा त्यांची जागा टँटॅलममध्ये तयार केलेल्या साधनसामुग्रीने घेतली तेव्हा अगदी कमी जाडी (०.३-०.५ मि. मी) असलेले साहित्यदेखिल २० वर्षांपर्यंत उत्तम प्रकारे टिकले. हायड्रोफ्ल्युओरिक आम्ल हा एकच पदार्थ असा आहे की ज्यापुढे टँटॅलमला हार खावी लागते.

विद्युत्‌विच्छेदनमार्गे सोने व रूपे मिळविण्याच्या क्रियेत टँटॅलमचे ऋणाग्र (ऊर्फ कॅथोड) वापरले जातात. याचा फायदा असा की ज्या अॅक्वा रेजियात सोने व रूपे विरघळते ते या ऋणाग्रांच्या बाबतीत मात्र कोणताच परिणाम करू शकत नाही.

टँटॅलमचा "जीवशास्त्रीय मिलाफ" अथवा पेशीउतींमध्ये कोणताच क्षोभ निर्माण न करता त्यांच्यामध्ये सामावण्याची प्रवृत्ती अद्वितीय आहे. म्हणूनच त्याचा वैद्यकक्षेत्रात, विशेषतः हानिपूर्तीविषयक शल्यकर्मात फार उपयोग केला जातो. टँटॅलमच्या पट्टिका खासकरून डोक्याच्या कवटीस झालेली तूटफूट दुरुस्त करण्यासाठी वापरतात. वैद्यकीय वाङमयात अशी एक हकिगत आलेली आहे की त्यातील रूग्णाचा कृत्रिम कान टँटॅलमचा पत्रा वापरून तयार केला गेला. त्यावर मांडीवरील त्वचा काढून बसविण्यात आली खरी पण आश्चर्याची गोष्ट अशी की धातूवरील ही कातडी एवढ्या जलद गतीने वाढली की त्यामुळे खरा कान कोणता व खोटा कोणता (किंवा नवा कोणता) हे सांगणे अशक्य झाले. निकामी झालेल्या स्नायुरज्जूंच्या जागी टँटॅलमचा धागा वापरला जातो. पोटावरील शल्यकर्मानंतर तेथील भित्तींना आधार देण्यासाठी शल्यचिकित्सक टँटॅलमचाच वापर करतात. टँटॅलमच्या चिमटचांच्या साहाय्याने (ते काही पुस्तक-बांधणीच्या चिमटचांप्रमाणे नसतात) रक्तवाहिन्या पक्केपणे जोडता येतात. कृत्रिम डोळयात टँटॅलमचे जाळिदार कापड सरकविले जाते. टँटॅलमचे अत्यंतिक सूक्ष्म धागे कंडराची (स्नायु व हाड याना जोडणारी तंतुमय दोरी) जागा घेऊ शकतात, एवढेच नव्हे तर तंत्रिका अथवा मज्जातंतूंचीही जागा घेतात. तेव्हा, "पोलादी स्नायूंचा" असे अलंकारिकरित्याच म्हटले जात असले तरी "टँटॅलमच्या स्नायूंचा" असे अगदी खऱ्या अर्थाने म्हणता येईल.

स्विस डॉक्टरमंडळींचे असे म्हणणे आहे की जेव्हा फुफ्फुसांचे व श्वसननलिकेचे क्ष-किरण चित्र घेऊन रोगनिदान केले जाते, तेव्हा टँटॅलम फार परिणामकारकरित्या उपयोगी पडेल. श्वसनक्रियेत



जेव्हा टँटॅलमची अतिसूक्ष्म भुकटी आत घेतली जाईल (हे चूर्ण मानवी शरिराबाबत पूर्णतया निरूपद्रवी असते) तेव्हा ते श्वसननलिकेच्या सूक्ष्मातिसूक्ष्म भागात जाईल व तेथून ते निरोगी पेशीच्या केसलामुळे (पापणीस जसे केस असतात तसेच पण अतिसूक्ष्म केस पेशीनाही असतात) काढून टाकले जातील. पण ज्या भागात आजारी पेशी असतील त्या हे काम करू शकणार नाहीत, टँटॅलमची धूळ अशा जागी साचून राहील म्हणजेच अशी जागा नोंदली जाईल, चिन्हांकित होईल. क्ष-किरण छायाचित्रात त्याची अर्थातच नोंद होईल व त्यामुळे अचूक रोगनिदान होण्यास मदत होईल.

शक्य आहे की वैद्यकक्षेत्र हे टँटॅलमचे प्रमुख कार्यक्षेत्र ठरत नसेलही पण ते त्याचे एक उदात्त कार्यक्षेत्र खचितच आहे. जागतिक उत्पादनापैकी केवळ ५ टक्के टँटॅलम वैद्यकक्षेत्रात वापरले जाते तर २० टक्के भाग रासायनिक उद्योगक्षेत्रात खर्ची पडतो. उत्पादनाचा मोठा भाग (४५ टक्क्यांपेक्षाही जास्त) धातुविज्ञानाच्या क्षेत्रात वापरला जातो. थोड्या उशिराने का होईना, पण खास दर्जाच्या मिश्रपोलादामध्ये – अतिताकदवान, गंजरोधक व उष्णतारोधक – एक घटक म्हणून टँटॅलमचा वाढता वापर होत आहे. पोलादावर होणारा त्याचा परिणाम निओबिअमप्रमाणेच असतो. गंजरोधक अशा क्रोमिअमयुक्त पोलादात हे धातु मिसळण्यामुळे त्यांची ताकद वाढते आणि कठिणीकरण व अनुशितन या औष्मिक उपचारानंतर अशा पोलादात जो ठिसूळपणा येतो तो कमी केला जातो.

उष्णतारोधक मिश्रधातूंचे प्रगलन करण्याच्या कामी टँटॅलमचा वापर फार महत्त्वाचा आहे. अग्निबाण व अवकाश अभियांत्रिकीच्या क्षेत्रात अशा मिश्रधातूना सतत वाढती मागणी आहे. ९० टक्के टँटॅलम व १० टक्के टंगस्टन असे घटक असलेला मिश्रधातु मोठा वैशिष्ट्यपूर्ण ठरतो. या मिश्रधातूपासून तयार केलेला पत्रा २५०० अंश से. तपमानात वापरता येतो, तर जाडजूड भाग अगदी

३३०० अंश किंवा त्यापेक्षा उच्च तपमानात वापरता येनात. परदेशी तज्ज्ञांचा असा विश्वास आहे की ह्रा मिश्रधातु जेट इंजिने, निष्कास नलिका, वायु-नियंत्रक व नियामक पद्धती, अवकाशयानातील महत्त्वपूर्ण जुळणी यासाठी अत्यंत विश्वसनीय आहे. ज्या ठिकाणी अग्निबाणाची निष्कासन-यंत्रसामग्री (नॉझले) द्रवरूप धातूंच्या साहाय्याने (उदा. लिथिअम किंवा सोडियम) थंड केली जातात नेथे परिणामी गंजण्याचा ऊर्फ क्षरणाचा धोका असतो. अशा ठिकाणी टँटॅलम-टंगस्टन यांच्या मिश्र-धातूंवाचून काम होणे सर्वस्वी अशक्यच ठरते.

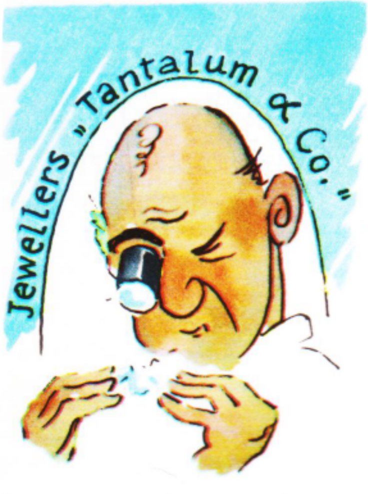
टँटॅलम-टंगस्टन मिश्रधातूत घडविलेल्या साहि-त्यावर जर टँटॅलम कार्बाईडचा (वितळणबिंदू ४००० अंश से.) थर दिला तर त्यांच्या गंजरोध-कतेत आश्चर्य करण्याजोगी वाढ होते. याबाबत घेतलेल्या चाचण्यांमध्ये असे दिसून आले की ज्या नपमानात थरयुक्त नॉझले टिकून होती त्या तपमा-नात इतर नॉझले गंजली, तुटली व फुटली.

टँटॅलम कार्बाईडची कठीणता अगदी हिऱ्याशी मिळतीजुळती असल्यामुळे अत्यंत कठीण अशा मिश्र-धातूंच्या निर्मितीसाठी ते मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते. द्रुतचाल कर्तनकामात कर्तनयंत्र एवढे तप्त होते की उडणारे तुकडे कर्तनयंत्राबरोबर वितळून जातात व यंत्राची कड खराब होते. टँटॅलम कार्बाईडयुक्त मिश्रधातूचे कर्तनयंत्र केल्यास असा धोका उद्भवत नाही व यंत्र दीर्घकाळ टिकते.

विद्युत्क्षेत्राशी टँटॅलमचा घनिष्ट संबंध आहे. विद्युत अभियांत्रिकी व इलेक्ट्रॉन उपकरण-उद्योग यात टँटॅलमच्या जागतिक उत्पादनाचा २५ टक्के भाग खपतो. टँटॅलमचा वापर असणारी दिष्टकारी उपकरणे रेल्वेच्या संकेतन यंत्रणेत, दूरवाणीच्या उपकरणात (संपरिवर्तित्रात) आणि अग्निसूचक नदेशन यंत्रणेत वापरली जातात. टँटॅलमयुक्त लघु-रूप धारित्र रेडियोयंत्रणेत, रडारयंत्रणेत व इतर प्रकारच्या इलेक्ट्रॉनयंत्रणेत मोठ्या प्रमाणात वापरले जातात.

अनेक इलेक्ट्रॉन-उपकरणातील विविध भाग टँटॅलमपासून तयार केले जातात. निओबिअमप्रमा-णेच टँटॅलमही उत्कृष्ट वायुशोषक आहे; ८०० अंश तपमानात हा धातु आपल्या आकारमानाच्या ७४० पटी एवढा वायु शोषून घेतो. इलेक्ट्रॉन नलिका निर्वात केल्यावरही जो अंश शिल्लक राहतो तो अशा वायुशोषक धातूमुळे शोषिला जाऊन निर्वातावस्थेची परिपूर्ण मर्यादा गाठली जाते. अशा नलिकांमध्ये पट्टिका, जाळी ऊर्फ ग्रिड, अप्रत्यक्षपणे तापणारे ऋणाग्र किंवा कॅथोड असे जे भाग असतात त्यासाठी टँटॅलमचाच वापर होतो. ज्या नलिकाना उच्च तपमानात व व्होल्टतेत काम करावयाचे असते व आपली काटेकोर वैशिष्ट्येही दीर्घकाळ टिकवून धरावयाची असतात त्यांच्या दृष्टीने टँटॅलम खास महत्त्वाचे ठरते. काही निर्वात नलिकात वायूंचा विशिष्ट मर्यादेतील दाब कायम टिकविण्या-साठी टँटॅलम वापरले जाते. टँटॅलमची तार क्रायो-ट्रॉनमध्ये (गणकयंत्रांच्या उद्योगात अतिउच्च वाह-कता असलेले भाग) वापरल्याचे पहावयास मिळते. आकाशातून पडणाऱ्या विजेचे स्फुल्लिंग ग्रहण करणाऱ्या नलिकांसाठीही टँटॅलम हे एक उत्कृष्ट साहित्य आहे.

कृत्रिम धाग्यांच्या उद्योगात. धागे खेचून तयार करण्यासाठी अतिसूक्ष्म छिद्रे असणारे साचे वापरले



जातात. ही छिद्रे चटकन बंद होतात व छिद्रांचा आकार कायम राहण्यासाठी पुन:पुन्हा साचे स्वच्छ करावे लागतात. साहजिकच हे साचे कणखर, ताकदवान, झीज व गंजरोधक असणे महत्त्वाचे असते. या गरजा टँटॅलम पूर्णतया भागविते.

अलिकडे दागदागिन्यांच्या क्षेत्रातही टँटॅलमने उडी घेतल्याचे दिसते. टँटॅलमपेक्षा प्लॅटिनमची किंमत १५ पट अधिक असते. या क्षेत्रात टँटॅलमचा वापर होण्याचे एक कारण हे की त्याच्या पृष्ठभागी मोठा आकर्षक असा इंद्रधनुष्यी रंगाचा किंवा मोरपंखी रंगाचा चमकदार ऑक्साइड पापुद्रा तयार होतो. टँटॅलमची घड्याळे, बांगड्या व इतर सौंदर्यभूषणे आजकाल पहावयास मिळतात.

फ्रान्स येथील वजनमापविषयक संस्था (द ब्यूरो इंटरनॅशनल देस पॉइड्स एट् मेजर्स) आणि अमेरिकेतील अशीच संस्था (द ब्यूरो ऑफ स्टँड-र्ड्स) अत्यंत काटेकोर स्वरूपाची वजनेमापे तयार करण्यास प्लॅटिनमऐवजी टँटॅलम वापरतात. फौंटन-पेनच्या निफांचा बिंदू टँटॅलमचा असून त्यामुळे अत्यंत महागड्या अशा इरिडिअमचा वापर टळतो.

प्लॅटिनम किंवा इरिडिअम यांच्याइतपत टँटॅलम महागडे नसले तरी त्याची किंमत मोठीच म्हणावी लागेल. याचे बहुतांशी कारण हे की त्याच्या निर्मितीसाठी वापरले जाणारे साहित्य महाग तर आहेच शिवाय उत्पादनक्रियाही अगदी गुंतागुंतीची आहे. एक टन टँटॅलम (संपृक्त स्वरूपातील) मिळविण्यासाठी ३००० टन खनिजावर प्रक्रिया करावी लागते. पण हा सारा खर्च सव्याज परत मिळतो.

आपल्या तरुणपणी कामधंदा शोधण्याचे टँटॅलमचे ते दिवस आता भूतकाळात जमा झाले आहेत. आज आपण पाहतोच आहोत की अनेक क्षेत्रात या धातूस काम मिळाले आहे. पण हे काहीच नाही. त्याच्यापुढे फार उज्ज्वल भविष्यकाळ उभा आहे हेच खरे.

# १९. प्रकाश देणारा

मल्लिनाथीची जरूरी आहे का? – "कोल्ह्याचे भक्ष्य" – एका औषधविक्रेत्याचा शोध – म्युशेटचे स्वकठिणीकारक पोलाद – सदा वाढता वेग – ख्यातनाम रंगसौंदर्य – पुतिलव कारखान्यातील प्रयोग – जर्मन इंजिनियरांचे यश – गरज ही शोधकतेची जननी आहे – चमचमीत मेजवानीच – करार नाकारलेच गेले – बराच काळ शांतता पसरली – राजकुमारी व्लादिमिरोविचचा प्रदेश – "सारे राजघराणेच मातीस मिळेल" – पळपुटचा रेणूंचे पुनरागमन – अगदी सूर्याच्या जवळ – हजारो लक्ष दिवे – मिनिटे आणि युगे – मॉंट्रियलमध्ये उराल-१ – उदयास येणारे व्हिस्कर – टंगस्टनमुळे झालेली बचत.

कित्येक मूलद्रव्यांच्या नावातच त्यांच्याबद्दल सारे काही सांगितलेले असते. हायड्रोजन म्हणजे "पाणी तयार करणारा", कार्बन म्हणजे "कोळसा निर्माण करणारा" तसेच मेंदेलेयेविअम, आइनस्टेनिअम, फर्मिअम, क्युरिअम व कुर्चाटोविअम या संज्ञातून श्रेष्ठ शास्त्रज्ञांचा गौरव केल्याचे ध्वनित होते. युरोपिअम अमेरिसिअम, फ्रान्सिअम, जर्मानिअम आणि कॅलिफोर्निअम याद्वारे ती मूलद्रव्ये ज्या ठिकाणी सापडली ते सूचीत होते. पण काही मूलद्रव्यांच्या नावांबाबत थोड्याफार स्पष्टिकरणाची आवश्यकता असते. त्यापैकी एक म्हणजे टंगस्टन ऊर्फ वोलफ्रॅम हे आहे. वोलफ्रॅम म्हणजे "कोल्ह्याचे भक्ष्य". आवर्ती सारणीच्या ६ व्या गटातील या मूलद्रव्यात आणि रानातील त्या मांसभक्षक प्राण्यात असे कोणते साम्य आढळले?

फार पूर्वीच्या काळी, धातुशास्त्रज्ञांच्या ध्यानी आले होते की खनिजापासून कथील मिळविताना कधी कधी त्याचे प्रमाण एकदम कमी मिळते. हे असे का व्हावे याचा ते नेहमी विचार करत, कारण प्रगलनाच्या तांत्रिक व आर्थिक बाजूना ते पारखे नव्हते. जे खनिज वापरले जाई ते बारकाईने पाहण्यास त्यानी सुरुवात केली. लवकरच त्याना असे आढळले की खनिजात जेव्हा तपकिरी किंवा पिवळसर-करडया रंगातील दगड असतात तेव्हा

सारा त्रास सुरू होतो. याचा निष्कर्ष उघड होता. एखादा कोल्हा जसा मेंढीवर झडप घालून तिचा फन्ना उडवितो, तद्वतच खनिजातील ते दगड कथिलाचा नाश करतात. दगड व कथील यामध्ये "कोल्हा व त्याचे भक्ष्य" असे नाते प्रस्थापित झाले. इतर काही देशात याच दगडाना टंगस्टन ऊर्फ "वजनदार दगड" असे म्हटले गेले.

नामवंत स्विडिश रसायनशास्त्रज्ञ कार्ल शील याने टंगस्टनचा शोध लावला. व्यवसायाने तो एक औषधविक्रेता होता. आपल्या लहानशा प्रयोगशाळेत त्याने वैशिष्टचपूर्ण असे कितीतरी प्रयोग केले व त्यातून ऑक्सिजन, क्लोरिन, बेरिअम आणि मँगॅनीज या मूलद्रव्यांचे शोध लावले. आपल्या मृत्यूच्या अलिकडच्या काळात व स्टॉकहोम शास्त्र आकादमीचा सभासद असतेवेळी शीलने दाखवून दिले की टंगस्टन हे खनिज (ज्यास पुढे शिलाइट म्हटले गेले) एका अज्ञात आम्लाचे लवण आहे. ही गोष्ट आहे १७८१ मधली. पुढे दोन वर्षानी शीलच्याच हाताखाली काम करणाऱ्या व एकमेकांचे भाऊभाऊच असणाऱ्या डेलहुजर या इटालियन रसायनशास्त्रज्ञाला या खनिजातील एक नवे मूलद्रव्य – वोल्फ्रॅम – वेगळे करण्यात यश मिळाले. औद्योगिक क्षेत्रात मोठी क्रांती करण्यासाठीच जणू ते अवतरले, पण तसे घडले पुऱ्या शंभर वर्षानी.

१८६४ मध्ये रॉबर्ट म्युशेट या इंग्रज माणसाने मिश्रधातूचा एक घटक म्हणून टंगस्टन पहिल्यांदाच पोलादात (सुमारे ५ टक्के) मिसळले. धातुशास्त्राच्या इतिहासात ते "म्युशेटचे स्वकठिणीकरण पोलाद" म्हणून प्रसिद्ध पावले. लालभडक अग्नीच्या तपमानात तर ते टिकाव धरतेच पण केवळ त्याची कठीणता टिकून राहते असे नसून त्यात वाढ होते. या पोलादापासून तयार होणाऱ्या कर्तनीयंत्रांच्या कर्तनीवेगात ५० टक्के वाढ होते (मिनिटास ५ मीटरऐवजी ७.५ मीटर).

साधारण चाळिसएक वर्षानी ८ टक्के टंगस्टन असणारे द्रुत चाल पोलाद विकसित केले गेले आता कर्तनवेग मिनिटास ५० मीटर झाला होता.

काही वर्षांनी त्यात ३५ मीटरची वाढ झाली. यावरून दिसून येईल की ५० वर्षांच्या कालावधीत धातु कापण्याच्या यंत्रसामुग्रीची कार्यक्षमता टंगस्टन-मुळे ७ पट वाढविली गेली!

या वेगात आणखी काही वाढ करणे कितपत शक्य होते? अगदी टंगस्टन मिसळूनसुद्धा असे पोलाद वरील गतीपलिकडे हतबल ठरत होते. याचा अर्थ असाच घ्यावयाचा काय की अंतिम मर्यादा गाठली गेली असून यापेक्षा अधिक गतीने धातु कापणे सर्वस्वी अशक्य आहे?

याला पुन्हा उत्तर दिले ते टंगस्टननेच. त्याची क्षमता मुळीसुद्धा कमी झालेली नव्हती आणि उच्च गतीच्या यंत्रणक्रियेत निर्माण होणाऱ्या उष्णतेस भिऊन ते पळणारेही नव्हते. १९०७ मध्ये टंगस्टन, क्रोमिअम व कोबाल्ट या त्रयींवर आधारलेला "स्टेलाइट" नावाचा नवा मिश्रधातु प्रचारात आणला गेला व कठीणतायुक्त अशा मिश्रधातूच्या विकासाची ही नांदीच ठरली. कर्तनवेगात त्यामुळे केवढीतरी वाढ झाली व आज मिनिटास २००० मीटर या आश्चर्यचकीत करणाऱ्या वेगाशी आपली ओळख आहे.

५ मीटर ते २००० मीटर हे एवढे जे अंतर कर्तनवेगाने व्यापले आहे ते केवळ टंगस्टनच्या नव्यानव्याने प्रचारात येणाऱ्या संयुगांमुळेच.

अत्युच्च कठीणता असणारे आधुनिक मिश्रधातु हे टंगस्टन कार्बाईड व इतर मूलद्रव्यांची (टायटॅनिअम, निओबिअम व टँटॅलम) कार्बाईडे यांचे मिश्रण असते. ते सिंटरीकरणाच्या पद्धतीने तयार केले जातात व त्यामध्ये मिश्रधातूतील कणांचे कोबाल्टमध्ये सीमेंटीकरण केलेले असते. या पदार्थांना "सर्मेट पदार्थ" असे नाव असून अगदी १००० अंश से. तपमानात देखिल ते अंगची कठीणता टिकवून धरतात. साहजिकच कर्तनवेगात महाप्रचंड वाढ शक्य होते. एक प्रकारच्या टंगस्टन – कार्बाईड मिश्रणाचा कठीणपणा एवढा असतो की त्यावर कानशीच्या साहाय्याने ओरखडे काढण्याचा प्रयत्न केला तर कानसच खराब होईल!

तथापि यंत्रणाक्रिया ही काही एकुलती शाखा नव्हे की जिच्या द्वारे टंगस्टनने तंत्रविज्ञानक्षेत्रात आपले मार्गक्रमण केले. गतशतकाच्या मध्यास असे ध्यानात आले की सोडियम टंगस्टेटमध्ये जर कापड भिजविले तर ते उष्णतारोधक बनते. याच सुमारास टंगस्टनयुक्त रंग तयार केले गेले. पिवळया, निळया, पांढऱ्या, जांभळया, हिरव्या अशा विविध रंगाच्या चिनी मातीच्या व तत्सम वस्तू रंगविण्यासाठी टंगस्टनचा वापर होऊ लागला. आजही ही कला चीनमध्ये पहावयास मिळते व ती १७ व्या शतकापासून चालत आली आहे. त्यांचे रंगसौंदर्य प्रसिद्ध

असून आजकालच्या तंत्राने या रंगांचे रासायनिक पृथक्करण केले असता दिसून आले की हे नाजुक रंग टंगस्टनच्या वापरामुळे आलेले आहेत.

१८६० मध्ये लोखंड टंगस्टिक आम्लासह तापवून लोहाचा प्रमुख भाग असणारा असा फेरोटंगस्टन हा मिश्रधातु तयार केला गेला. या मिश्रधातूच्या कठीणतेमुळे रसायनशास्त्रज्ञ व धातुशास्त्रज्ञ एवढे प्रभावित झाले की फेरोटंगस्टनच्या औद्योगिक उत्पादनास तात्काळ सुरुवात झाली.

बंदुकींसाठी लागणाऱ्या पोलादात टंगस्टन मिसळण्याचे पहिले प्रयत्न १८८२ मध्ये झाले. १८९६ मध्ये सेंट पिटर्सबर्गच्या पुतिलोव कारखान्यात प्रा. व्ही. एन. लिपिन यानी टंगस्टनयुक्त पोलाद तयार केले. अगदी थोडक्या प्रमाणातही टंगस्टन पोलादात मिसळल्यास दारूच्या धुरामुळे नळीवर जे गंजकारक परिणाम होतात त्यापासून नळयांचा उत्तम प्रकारे बचाव होतो. अशा नळयांयुक्त बंदुकांचे महत्त्व ओळखण्यात जर्मन अधिक तत्पर ठरले. पहिल्या महायुद्धाच्या काळात हलक्या जर्मन बंदुका १५००० स्फोट होईपर्यंत उत्तम प्रकारे काम देत, तर रशियन व फ्रेंच बंदुका ६ ते ८ हजार स्फोट होईपर्यंत खराब होत.

या काळातच टंगस्टन खनिजाचे उत्पादन मोठ्या वेगाने का वाढले ते समजण्यास अवघड नाही. १८९० मध्ये जागतिक वार्षिक उत्पादन २००-३०० टन होते ते १९१० मध्ये ८००० टन झाले व १९१८ मध्ये तर ३५००० टन झाले. तरीसुद्धा टंगस्टनचा अपुराच पुरवठा होता. जर्मनीमध्ये स्वतःचे असे टंगस्टनचे काहीही उत्पादन नव्हते. हे खरे की युद्धपूर्व तयारीच्या काळात दूरदर्शी जर्मनीने काही प्रमाणात टंगस्टन खनिजाचा साठा केला होता खरा, पण तो लवकरच संपला आणि युद्धकाळात त्याच्या अधिकाधिक पुरवठ्यासाठी उद्योगधंदे ओरड करू लागले.

जर्मन धातुशास्त्रज्ञानी आपले डोके बरेच खाजविले आणि गरज ही शोधकतेची जननी आहे या न्यायानुसार त्याना "कोल्ह्याचे भक्ष्य" आठवले. हे ठाऊक होते की "त्या" दगडांच्या अस्तित्वामुळे कथिलाचा अंश कमी होऊन ते मळीत जात असे आणि कथील युक्त मळीचे जर्मनीभर ढीगच्या ढीग साचले होते. नाही म्हटले तरी १७ व्या शतकापासून तेथे कथिलाचे उत्पादन चालू होते. थोड्याच अवधीत धातुशास्त्रज्ञ या मळीपासून टंगस्टनचे उत्पादन करू लागले. "टंगस्टनची भूक"

भागविण्यास हे मळीचे ढीग पुरेसे पडत नव्हते, पण "हेही नसे थोडके!"

एकीकडे टंगस्टनप्रधान उद्योगधंद्याची भरभराट होत असता झारशाहीतील रशियात या महत्त्वपूर्ण धातूचे तोकडेसे उत्पादन होत होते. १९१५ मध्ये सेंट पीटर्सबर्गनजिकच्या इझ्होरा कारखान्यास ट्रान्स-बैकालिया खाणीकडून फक्त १.४ टन खनिजाचा पुरवठा झाला तर उरालच्या वायव्येस असलेल्या मोतोविलिखा कारखान्यास ८.७ टन खनिज मिळाले. पेट्रोग्राडच्या (पूर्वीचे सेंट पीटर्सबर्ग) एका कारखान्याने त्यावेळी फेरोटंगस्टनचे फक्त ६० पौंड उत्पादन केले.

परदेशी कंपन्याना, विशेषत: स्वीडन व जपानच्या कंपन्याना, ट्रान्सबैकालियातील खनिजसाठे म्हणजे जणू चमचमित मेजवानीच होती. १९१६ च्या उन्हाळ्यात जपानच्या भूस्तरशास्त्रज्ञानी अंतान पर्वतप्रदेशाचे सर्वेक्षण केले. या कामाचे निष्कर्ष निश्चितच आशादायक असावेत कारण त्याना नोकरीवर ठेवणाऱ्या कंपन्यानी हे प्रदेश भाडेपट्टीने मिळविण्यासाठी कसून प्रयत्न केले. पण तसे करार नाकारलेच गेले.

खनिजाच्या उत्तम प्रतीसाठी माहीत झालेले त्यावेळचे बुकुकिनो व ओल्डांडू खनिजप्रदेश उद्योगपती टोलमाच्योव व खाणकामविषयक इंजिनियर झिक्स या उभयताना भाडेकराराने दिले होते. एकदा या उभयताना असे वाटले की हे साठे स्विडिश कंपनी मॉर्टिमर व बोगाजू याना पोटभाडेकराराने दिल्यास ते फारच फायदेशीर ठरेल. या दोन कंपन्यानीही या खाणप्रदेशाबाबत बराच उत्साह दाखविला होताच. करारपोटी या कंपन्यांकडून टोलमाच्योवच्या खिशात ३०००० रूबल पडणार होते. पण त्याच्या दुर्दैवाने ते घडले नाही. टोलमाच्योव बहुधा मुद्यामच टंगस्टन खनिजांचा अंदाजित साठा कमीच दाखवित असावा असा देशातील भूस्तरशास्त्रीय समितीस संशय आला आणि तिने सुचविले की युद्धकाळातील संभाव्य तुटवडा ध्यानी घेऊन टोलमाच्योवच्या खाणी सरकारी मालकीच्या करवाव्यात. या सूचनेस लगेच राजमान्यताही मिळाली.

ॲकॅडेमिशियन अलेक्झांडर फर्समान त्या काळाबद्दल काय लिहितात ते पाहण्यासारखे आहे. "ऑक्टोबर क्रांतीच्या आधी शास्त्र आकादमीचे जे नैसर्गिक उत्पादकता मंडळ होते त्यास काहीच करू दिले जात नव्हते. रशियन विज्ञान मोठ्या अडचणीच्या परिस्थितीत सापडले होते. आणि वैज्ञानिकांच्या कार्यक्षमतेवर अनेक बंधने पडलेली होती. टंगस्टनयुक्त खनिजप्रदेशाचे सर्वेक्षण करून विकास साधणे हे अत्यंत महत्त्वाचे काम दोन वर्षापर्यंत अगदी लहानशा रकमेसाठी पडून होते."

पण आर्थिक अडचण एवढाच काही प्रश्न नव्हता किंवा तेवढीच काही भेडसवणारी समस्या नव्हती. सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक आणि जहाजबांधणीतील तज्ज्ञ अभियंता अलेक्सी क्रिलोव याने आपल्या एका पुस्तकात जी वस्तुस्थिती वर्णन केली आहे ती अगदी ध्यानात घेण्याजोगी आहे. १९१७ च्या जानेवारीत, म्हणजे २ ऱ्या निकोलसच्या सत्तेच्या अखेरच्या काही आठवड्यात ॲकॅडमीचे नैसर्गिक उत्पादकता मंडळ टंगस्टन उत्पादनाबाबत चर्चा करीत होते. रशियन उद्योगाम या धातूच्या उत्पादनाबाबत अर्थातच मोठेच स्वारस्य होते. झारच्या एका वजनदार अधिकाऱ्याने सूचित केले की तुर्किस्तानमध्ये टंगस्टनचे साठे असून त्या भागात संशोधन मोहीम पाठविण्यासाठी ५०० रूबल्सची जरूरी आहे. त्याच्या या निवेदनानंतर बराच वेळ शांतता पसरली. त्यापैकी साऱ्यानाच ठाऊक होते की अल्ताई भागातही मुबलक प्रमाणात टंगस्टन उपलब्ध आहे पण तसे सांगण्यास कुणीच धजावत नव्हते. कसे धजावणार? कारण साऱ्यानाच जाणीव होती की रशियातील हा संपन्न भूप्रदेश झारची निकटची नातेवाईक राजकुमारी व्लाडिमिरोविच हिच्या मालकीचा होता आणि तेथे खनिजांचा शोध घेण्याचा नुसता विचार मनात आणणे हा गुन्हा ठरत होता.

या दीर्घ शांततेचा भंग ॲकॅडेमिशियन क्रिलोवने

केला : "जर तुर्किस्तान पुरतीच समस्या असेल तर त्याबाबत अडचण मुळीच नाही. हे ५०० रूबल इथे हजर आहेत." खिशातून १ ल्या पीटरची मुद्रा असलेली नोट काढून ती त्यानी मंडळाचे अध्यक्ष फर्समान यांचेकडे दिली. "पण" क्रिलोव पुढे म्हणाले, "अल्ताई भागाचा प्रश्न फारच अवघड आहे. आधीच्या वक्त्यानी हे सांगितले नाही की तेथील खाणी राजकुमारी व्लाडिमिरोविच हिच्या मालकीच्या आहेत. टंगस्टन म्हणजे द्रुतचाल पोलाद, म्हणजे शस्त्रास्त्रांचे दुप्पट उत्पादन. इतरत्र कुठेही ते उपलब्ध होणार असेल तर प्रश्नच नाही! पण जर ते मिळाले नाही आणि स्वकीयानी उपलब्ध करून दिले नाही तर शस्त्रास्त्रांचे उत्पादन थांबेल आणि त्याशिवाय युद्धातील यश गमवावे लागेल. मग प्रत्यक्ष व्लाडिमिरोविचच काय पण सारे राजघराणे मातीस मिळेल."

त्या खंबीर शास्त्रज्ञाच्या मुखातून जणू भविष्यवाणीच बोलली. एका महिन्यातच रोमानोव राजघराणे उलथले गेले.

परदेशी तज्ज्ञांकडून जी "मदत" मिळे त्याचाही टंगस्टनच्या राष्ट्रीय उद्योगधंद्याच्या विकासात अडथळा होताच. १९३१ मध्ये मॉस्को विद्यापीठाचे संशोधक खनिजांचा जुना संग्रह चाळीत असता शिलाइटचा एक नमुना आढळला. ताजिकिस्तानातील मोगोलताव पर्वतराजीतील एका अज्ञात खाणप्रदेशातील तो नमुना होता. १९१२ मध्ये तो पृथक्करणार्थ मॉस्कोला पाठविण्यात आलेला होता. पण ज्या नामवंत जर्मन भूस्तरशास्त्रज्ञाचे त्याबाबत मत घेतले ते उलटेच पडले. त्याने सांगितले की सदरहू साठे आर्थिकदृष्टया किफायतशीर ठरणार नाहीत व त्यानुसार झारच्या सरकारने त्या प्रदेशाबाबत विकासविषयक कोणतेच काम हाती न घेण्याचे ठरविले. पण मॉस्को विद्यापीठातील नमुन्याच्या शोधानुसार मंडळाने ताजिकिस्तानकडे शोधपथक रवाना केले आणि लवकरच दिसून आले की मोगोलताव साठे देशातील संपन्न साठ्यांपैकी एक होते.

साधारणपणे याच वेळी अॅकॅडेमिशियन स्मिर्नोव या आघाडीच्या भूस्तरशास्त्रज्ञाने आपल्या विद्यार्थ्यांसह सबंध देशभर टंगस्टनच्या शोधार्थ एक मोहिमच उघडली. या भूस्तरशास्त्रज्ञानी कडाक्याच्या उन्हात, गोठविणाऱ्या थंडीत, कधी पायी तर कधी कुत्र्यानी वा सांबरानी ओढल्या जाणाऱ्या घसरगाडीतून हजारो किलोमीटर तुडविले. जेथे जेथे हे बेदरकार भूस्तरशास्त्रज्ञ गेले – ट्रान्सबैकालिया, याकुतिया किंवा ओखोटस्कच्या समुद्रप्रदेशी – तेथे तेथे नव्या खाणी आणि कारखाने उभे राहिले. सोविएत टंगस्टन-उद्योगाची सुरुवात ही अशा प्रकारे झाली आहे.

आज टंगस्टनच्या जागतिक उत्पादनापैकी ८० टक्के भाग उच्च दर्जाच्या पोलादासाठी वापरला जातो, सुमारे १५ टक्के टंगस्टन कठीण प्रतीच्या पोलादाच्या निर्मितीक्षेत्रात आणि अंगच्या आश्चर्यकारक गुणधर्मांमुळे ५ टक्के टंगस्टन अत्यंत शुद्ध प्रतीच्या स्वरूपात वापरले जाते.

टंगस्टन वितळविण्यासाठी ते एवढ्या तपमानापर्यंत तापवावे लागते की तोपावेतो कित्येक धातूंची वाफ होऊन जाते. हे वितळण तपमान ३४०० अंश से. आहे. वितळलेले टंगस्टन अगदी सूर्याच्या

नजिकसुद्धा टिकेल कारण त्याचा उकळणबिंदू ५५०० अंश से. आहे. त्याच्या या अतिउच्च वितळण-बिंदूमुळे आधुनिक उद्योगधंद्यांची गुरूकिल्ली असले-ल्या विद्युत अभियांत्रिकीमध्ये फार विस्तृत प्रमाणात त्याचा वापर होतो.

१९०६ मध्ये विद्युत्‌दीपात कार्बन, ओस्मिअम आणि टँटॅलमच्या ज्या तारा वापरत त्याना टंगस्टनने केव्हाच मागे टाकले. रोज सायंकाळी टंगस्टनचे छोटे दिवे घरे उजळत होते. आज दरवर्षी, कित्येक हजार लक्ष विद्युत्‌दीप तयार केले जातात. हा आकडा खूपच असेल, नाही? तुम्हीच हिशेब करा. कालमापनाच्या अगदी सुरुवातीपासून मानव-जात १०००,०००,००० पेक्षा थोडचा जास्त संख्येतील सेकंदांएवढी जगली आहे (२९ एप्रिल १९०२ रोजी सकाळी १०-४० वाजता कालमापना-च्या वरील संख्येचा दुसरा सेकंद सुरू झाला).

शास्त्रज्ञ आणि इंजिनियर मंडळींतर्फे या विद्युत्-दीपाची कार्यक्षमता व आयुष्य वाढविण्याची सतत खटपट चालू आहे. विद्युत्‌दीप चालू केला की, जळत्या मेणबत्तीचे मेण जसे वितळत रहाते तद्वतच दीपातील झगझगित टंगस्टनच्या तारेचा पृष्ठभाग बाष्पिभूत होऊ लागतो. हे बाष्पिभवन कमीत कमी होऊन दिव्याचे आयुष्य वाढावे यासाठी त्यामध्ये विविध प्रकारचे निष्क्रिय वायु दाबाखाली भरतात. अलिकडेच असे सुचविले गेले आहे की दिव्यांमध्ये आयोडिनची वाफ भरावी. हा पदार्थ बाष्पिभूत होणारे रेणु "पकडतो", त्यांच्याशी रासायनिक-दृष्ट्या संयोग पावतो आणि दिव्यातील तारेवरच स्थिर होऊन असे पळपुटे रेणु परत करून दिव्याचा वापर कितीतरी जास्त काळ करण्यास मदत करतो.

या विद्युत्‌दीपांचे आकार व प्रकार प्रचंड संख्येत आहेत. वैद्यकशास्त्रात वापरल्या जाणाऱ्या अगदी छोटचा मण्यांच्या आकारापासून ते भल्यामोठ्या शोध-दीपाच्या स्वरूपात ते पहावयास मिळतात.

मॉन्ट्रियलमध्ये भरलेल्या जागतिक प्रदर्शनातील सोविएत दालनात उराल-१ या नावाचा एक नव्या प्रकारचा, उष्णता उत्सर्जन करणारा विद्युतदीप ठेवण्यात आलेला होता. त्याच्या प्रमुख भागापैकी एक मुख्य भाग होता पाणी आणि हवा यानी थंड राखलेला विद्युत्‌दीप. उष्णतारोधक क्वार्ट्झ-पासून तयार करण्यात आलेल्या व अक्रियाशील अशा झेनॉन वायूने भरलेल्या या दिव्यात टंगस्टनचे दोन विद्युताग्र ऊर्फ इलेक्ट्रॉड होते. जेव्हा दिवा लावला जाई तेव्हा या दोन विद्युताग्रामध्ये वायु-प्लाझ्मा निर्माण होई. त्याचे तपमान सुमारे ८००० अंश से. असे. एका खास प्रकारच्या आरशामार्फत या "सूर्यापासून" निघणारे उपारूण प्रारण अथवा किरण (दिव्यामार्फत सौर-वर्णपट मिळत असे) प्रकाशीय व्यवस्थेवर पडतील अशी रचना केली गेलेली होती. त्यामुळे या प्रकाशीय व्यवस्थेमार्फत या किरणांचे एकत्रिकरण होऊन त्यांचे सुमारे एक सें. मी. पेक्षा थोडचा अधिक आकारातील शलाकेत रूपांतर केले जाई. या शलाकेच्या केंद्रस्थानापाशी ३००० अंश से. पर्यंत तपमान पोहोचत असे. एवढचा उष्ण परिस्थितीत उराल-१ हा दिवा अविरतपणे हजारो तास जळत असे.

तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात विस्तृत प्रमाणात वापरले जाणारे दुसरे एक किरण म्हणजे ऋणाग्र (कॅथोड) किरण. ते म्हणजे इलेक्ट्रॉन-शलाका (झोत) असून निर्वात अवस्थेत ऋणाग्र अशा धातुरूप पृष्ठभागा-मार्फत निर्माण केले जातात. अशा ऋणाग्र पृष्ठा-साठी टंगस्टन हे एक अत्युत्कृष्ट साहित्य आहे हे प्रत्यक्ष दाखवून देण्यात आलेले आहे.

केवळ उच्च वितळणबिंदू एवढेच काही टंगस्टन-चे वैशिष्टच नाही तर शुद्धावस्थेत त्याच्या अंगी अत्युच्च ताणशक्तीही पहावयास मिळते — दर चौरस सें. मी. ला ४० टन! उत्तम पोलादाच्या तुलेनेने ही ताकद कितीतरी जास्त भरते. विशेष म्हणजे अगदी ८०० अंश से. तपमानातसुद्धा हे वैशिष्टच टिकून राहते.

टंगस्टन धातूच्या ह्या उच्च ताकदीचा उत्कृष्ट दर्जाच्या तंतुक्षमतेशी मिलाफ झालेला आहे. अति बारीक अशी टंगस्टनची शंभर कि. मी. तार फक्त २५० ग्रॅम भरते.

विद्युत्दीपात होणाऱ्या विस्तृत वापराखेरिज टंगस्टनची तार काही पदार्थांच्या कर्तनकामासाठी वापरणे शक्य आहे, असे सुचविले गेले आहे. एका श्राव्यातीत लहरी उत्पादक यंत्रामार्फत अशा लहरी टंगस्टनच्या तारेकडे प्रेषित केल्या जातात आणि मग ती तार क्वार्ट्झ, माणिक, उष्णतारोधक मृत्तिका साहित्य, काच व तत्सम पदार्थ, पाहिजे त्या काटेकोर आकारात कापू शकते, किंवा पाहिजे त्या आकारातील खाचा इ. पाडते.

टंगस्टनचे तंतु अत्यंत ताकदवान खरे पण टंगस्टनच्या व्हिस्कर ऊर्फ मानवी केसापेक्षा शेकडो पट बारीक असलेल्या स्फटिकांशी तुलना केल्यास ते फार कमी दर्जाचेच ठरतील. सोविएत शास्त्रज्ञानी दोन-दशलक्षांश से. मी. व्यासाचे व्हिस्कर तयार केले आहेत. दर चौ. से. मी. ला २३० टन एवढी त्यांची प्रचंड ताकद असून ताकदीची ही अंतिम मर्यादाच म्हटली पाहिजे – विज्ञानाने पृथ्वीवरील पदार्थांची तात्त्विकदृष्ट्या हीच अंतिम मर्यादा ठरविलेली आहे. तथापि, हे व्हिस्कर अद्यापीही प्रयोगशाळेच्या बाहेर पडलेले नाहीत.

तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात जे शुद्ध टंगस्टन वापरले जाते ते टंगस्टन ट्रायॉक्साइडचे हायड्रोजनद्वारे क्षपण करून तयार केले जाते. अशा प्रकारे टंगस्टनची जी अतिसूक्ष्म आकारातील भुकटी मिळते ती दाबून व ३००० अंश से. तपमानात संपुंजित अथवा सिंटरिकरण करून एकसंधि केली जाते. हा अशा प्रकारे तयार केला जाणारा धातु विद्युत्दीपात, इलेक्ट्रॉन व क्ष-किरण नलिकात व स्पर्शबिंदूसाठी वापरला जातो.

टंगस्टन, मॉलिब्डेनम व उच्च वितळणबिंदू असणाऱ्या इतर धातूंचे एकअग्री स्फटिक तयार करण्याचे तंत्र आजकाल विकसित केले गेले आहे. त्यासाठी शास्त्रज्ञ विद्युत्ज्योतस्वरूप प्लाझ्मा ऊर्जेचा वापर करतात. ही पद्धत सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीच्या धातुशास्त्रीय संस्थेत वापरली गेली असून त्यानुसार टंगस्टनचा १० कि. ग्रॅ. वजनाचा एकअग्री स्फटिक केला गेला. अतिशुद्ध स्वरूपामुळे त्याच्या अंगी अद्वितीय स्वरूपाचे यांत्रिक गुणधर्म पहावयास मिळतात. उदा. अत्यंत कमी तपमानात त्याची तंतुक्षमता जवळजवळ जशीच्या तशी पहावयास मिळते, तर अति उच्च तपमानात त्याच्या ताकदीबाबत हाच प्रकार पहावयास मिळतो. अशा एकअग्री स्फटिकांचा, अनेक इलेक्ट्रॉन-साहित्यात वा उपकरणात वापर केला जातो.

सयूज-अपोलो या संयुक्त अंतराळ अन्वेषणाच्या कार्यक्रमात त्यातील अंतराळवीरानी एक मोठा नवलपूर्ण प्रयोग केला व त्यात टंगस्टनने मोठा उत्साहपूर्ण भाग घेतला होता. ज्या धातूंची घनता अगदी भिन्नभिन्न स्वरूपाची असते त्यांचे मिश्रधातु तयार करणे हे पृथ्वीवरील परिस्थितीत अशक्य असल्याचे आढळून आले आहे. प्रगलनाच्या आणि स्फटिकीभवनाच्या वेळी वजनदार धातूंचे कण खाली बसतात व हलके कण वरच्या बाजूस जमतात. साहजिकच अशा नैकविध अवस्थेतील मिश्रधातूचा वापर करणे अशक्यच असते. पण अशा मिश्रधातूंची निर्मिती अवकाशात करणे हा वेगळाच भाग झाला. वजनविरहित अवस्थेत सारी मूलद्रव्ये एकसमानच ठरतात – मग तो हलका धातु असो अथवा वजनदार. साहजिकच अवकाशात (म्हणजेच वजनविरहित अवस्थेत) जर मिश्रधातु तयार केला तर तो सर्व बाबतीत एकसारखाच असणार. या विचारावर आधारलेल्या प्रयोगात, "वैश्विक भट्टी" मध्ये हलके व कमी तपमानास वितळणारे ॲल्युमिनिअम व अत्यंत वजनदार व वितळणबिंदूचा उच्चांक गाठणारे टंगस्टन यापासून मिश्रधातु तयार करण्याचा हेतु होता.

हा प्रयोग म्हणजे अवकाश-तंत्रविज्ञानाची केवळ सुरुवात म्हटली पाहिजे. "थोडा काळ गेला पाहिजे," या ऐतिहासिक उड्डाणात भाग घेणारे अवकाशवीर वलेरी कुबासव म्हणतात, "मग आपणास संयुक्तपणे अवकाशातील खरेखुरे कारखाने उभारता येतील. संपूर्णतया नवे धातुशास्त्र हे

त्यांचे लक्ष्य राहील व पृथ्वीवर सर्वस्वी अशक्य अशा मिश्रधातूंची व साहित्याची तेथे निर्मिती होईल."

१९२१ मध्ये टंगस्टनच्या तांत्रिक क्षेत्रातील प्रवेशाचे आर्थिक परिणाम काय होतील याबाबत अमेरिकेत मोठे कुतुहलजनक गणित मांडले गेले. विद्युत्दीपांच्या टंगस्टन तंतूमुळे ४००,००० डॉलर्सची बचत झाली. टंगस्टनयुक्त पोलादाच्या हत्यारांमुळे तयार होणारी एक मोटार ४० डॉलरने स्वस्त पडली. मोटार-उद्योगातील एकूण वार्षिक आर्थिक बचत, केवळ टंगस्टनच्या वापरामुळे ५००-६०० दशलक्ष डॉलर्स ठरली.

तंत्रविज्ञानाचे एक आगळे जग निर्माण करण्यात मानवास धातूंची युगेन्‌युगे मदत होत आहे. तशी मदत करण्याच्या कामी टंगस्टन धातूक्षेत्रात अग्रस्थानी आहे.

# २०. तीन कुलपांच्या तिजोरीत !

स्पेनच्या सम्राटास आढळलेले – राजाचा हुकूम – जवळचे नाते – रशियात प्रथमच – हिऱ्यासदृश पोलाद – शोधाबद्दल घेतलेली शंका – वित्तमंत्र्यांची चूक – प्लॅटिनमची नाणी जमविण्याचा छंद – कचरा किंमतीचा खजिना – देमिदव पारितोषिक विजेता – "एक ग्रॅमचे उत्पादन" – अहवालाची गंभीर दखल – वाऱ्याने न विझणाऱ्या ज्योती – प्लॅटिनमच्या पातळ कापडातून – भुकेची कशी सोय करता येईल ? – अडचणींच्या वर्षी – पारदर्शक आरसे – माँटझुमाची भेट – प्लॅटिनमचे तपमानमापक – तीन कुलुपांच्या तीन चाव्या – "सर्व कालासाठी, सर्व लोकांसाठी" – नारिंगी प्रकाश – प्लॅटिनम-रोगनिदान – साऱ्या वेदना थांबविणारे – एक उदात्त कामगिरी .

१६ व्या व १७ व्या शतकात स्पॅनिश लोकानी जे देश अगदी निर्दयपणे लुटले त्यामध्ये अँझ्टेक व इंका हे प्रमुख होते. टनावारी सोने, रूपे आणि हिरेमाणके भरभरून लुटारू जहाजे दक्षिण अमेरिका ते स्पेन अशा एकसारख्या खेपा करीत होती.

एक स्पॅनिश जहाज प्लॅटिनो डेल पिंटो ( कोलंबिया ) या नदीकिनारी फिरत असता एकदा त्यास किनारी प्रदेशी सोने तर सापडलेच पण त्याबरोबरच वजनदार अशा रूपेरी धातूचे कणही सापडले. त्यांचा वितळणबिंदू कमालीच्या वरच्या तपमानातील होता व त्यामुळे ते निरूपयोगी तर ठरलेच पण सोने मिळविण्याच्या ( गाळण्याच्या ) क्रियेत अडथळा निर्माण झाला. स्पॅनिश लोक त्यास तिरस्काराने "प्लॅटिनो" म्हणजे हलक्या प्रतीची चांदी असे म्हणत. तथापि खूप मोठ्या प्रमाणात प्लॅटिनम स्पेनमध्ये आणले गेले व रूप्याच्या तुलनेने कितीतरी स्वस्तात विकण्यात आले. काही कालावधीनंतर स्पॅनिश जवाहिऱ्यांच्या ध्यानात आले की प्लॅटिनम सोन्याबरोबर सहज वितळते आणि मग सोन्याच्या दागदागिन्यात ते खोटेपणे मिसळले जाऊ लागले. याही पुढे जाऊन ते नाण्यांमध्येही मिसळण्यास सुरुवात झाली आणि खोट्या नाण्यांचा सुळसुळाट होऊ लागला. हे ध्यानात येताच राजास एक कल्पना सुचली. त्याने एक हुकूमनामा जारी केला व हा "निरूपयोगी पदार्थ" स्पेनमध्ये आणण्यावर बंदी घातली. तसेच या लबाड लोकांचा मारा साठा जप्त केला. त्याने साऱ्या स्पेनमधले प्लॅटिनम गोळा केले आणि सर्वांच्या साक्षीने समुद्रात फेकून दिले. प्लॅटिनमच्या आयुष्यातील सुरुवातीचे प्रकरण अशा प्रकारे दुःखद मार्गे संपले.

पुन्हा या धातूचा उल्लेख होईपर्यंत कितीतरी वर्षे जावी लागली. १८ व्या शतकाच्या अखेरीस एक नामवंत रशियन रसायनशास्त्रज्ञ, सेंट पीटर्सबर्गच्या खनिकर्म महाविद्यालयाचे उपाध्यक्ष आणि अनेक शास्त्र आकादमींचे सन्माननीय सभासद आपोलस आपोलोसोविच म्युसिन-पुश्किन यानी प्लॅटिनमच्या अभ्यामात महत्त्वपूर्ण भर टाकली.

प्लॅटिनमच्या अभ्यामामुळे. या धातूबरोबर निसर्गतःच येण्याऱ्या अनेक धातूंचा शोध लागला व त्या सर्वांना "प्लॅटिनमवर्गीय धातु" असे नाव दिले गेले. पॅलॅडिअम व ऱ्होडिअम यांचा शोध १८०३ मध्ये लागला; ओस्मिअम व इरिडिअम यांचा १८०४ मध्ये आणि या गटातील शेवटचा धातु रूदेनिअम चाळीस वर्षांनी शोधले गेले. पुढे असे दिसून आले की या गटापैकी रूदेनिअम हा धातु अत्यंत दुर्मिळ असून बहुधा याच कारणामुळे तो लवकर शोधता आला नसावा.

पुढे १८१९ मध्ये उरालमधल्या एकातेरिंबर्ग ( आजचे स्वेर्द्लोव्स्क ) भागातल्या दलदलमय प्रदेशात प्लॅटिनमचे विपूल साठे सापडले व त्याच्या अभ्यासास आणखीनच चालना मिळाली. पाच वर्षांनी तेथील बरांची नामक छोट्या नदीकाठी रशियाची पहिली प्लॅटिनम खाण सुरू झाली.

या सुमारासच, पोलादात मिसळण्याचा एक

धातु म्हणून प्लॅटिनम वापरण्यास सुरुवात झाली. या संबंधात "दि मायनिंग जर्नल" लिहिते, "सहा पौंड पोलाद, आठ जलोत्निक (रशियन पौंडाचा ९६ वा भाग) शुद्ध प्लॅटिनमसह एका सीलबंद व उष्णतारोधक मृद्पात्रात वितळविण्यात येई. भांडे सीलबंद असल्यामुळे हवेचा संबंध येत नसे. वितळलेले मिश्रण लोखंडी साच्यात टाकले जाई व ते थंड पाण्यात लगेच थंड केले जाई. नंतर तयार पोलाद फोडून बाहेर काढले जाई, तेव्हा ते एवढ्या समान संरचनेचे आढळे आणि एवढ्या कणिदार रचनेचे असे की त्याची कणमय रचना निव्वळ डोळ्याना दिसणे अशक्यच. अनुशीतन न करताच ते कठीण करून व टोकदार-धारदार करून वापरता येत असे व बोथट न होता हिऱ्याप्रमाणे काच कापली जात असे. सर्वसाधारणतः असे दिसते की इतर कोणत्याही ज्ञात धातूपेक्षा प्लॅटिनमयुक्त पोलाद कितीतरी कठीण असून जड आघातांचे परिणामही ते न फुटता सहन करते. या त्याच्या असाधारण कठीणतेमुळे त्यास हिऱ्यासारखे पोलाद (डायमंड स्टील) असे म्हणत. (बऱ्याच काळापर्यंत प्लॅटिनमयुक्त पोलाद सर्वात जास्त कठीण असल्याचे समजले जाई. पुढे त्याची जागा कमी खर्चाच्या व अधिक "पात्रता" असणाऱ्या टंगस्टनने घेतली )."

१८२८ मध्ये डेरप्ट (टार्टू) विद्यापीठाचे प्रा. जी व्ही. ओसान यानी उरालमध्ये आढळलेली प्लॅटिनम खनिजे ॲक्वा रेजियाच्या सहाय्याने तपासली. या पृथक्करणातून त्यानी असा निष्कर्ष काढला की त्यामध्ये अज्ञात अशी तीन मूलद्रव्ये असून त्यांचे गुणधर्म पाहता ती प्लॅटिनम–गटातीलच असल्याचे दिसते. ओसान यानी त्यास पोल्युरॅनिअम, पॉलिनोमिअम आणि रूदेनिअम अशी नावे दिली. पण स्वीडनच्या बर्झेलियस या रसायनशास्त्रज्ञाने या शोधास हरकत घेतली. ओसान यानी आपले प्रयोग पुन्हा करून पाहावयाचे ठरविले, पण तसे करता नवे निष्कर्ष पूर्वीच्या निष्कर्षांशी जुळले नाहीत. अखेर ओसान याना आपले मूळ विधान मागे घ्यावे लागले.

या वेळेपावेतो प्लॅटिनमने केवळ शास्त्रज्ञांचेच नव्हे तर झारच्या खजिन्याचेही लक्ष वेधून घेतले होते. १८२८ मध्ये वाय्. एफ्. कँक्रिन या सरदाराने टांकसाळीस ३,६ व १२ रूबलची नाणी पाडण्याची आज्ञा दिली होती.

पण यामधून एक नवीनच समस्या उभी राहिली. त्यावेळेपावेतो अस्तित्वात असलेली कोणतीच भट्टी आवश्यक असलेल्या १७८९ अंश से. तपमानापर्यंत प्लॅटिनम तापवू शकत नव्हती.

पण सेंट पीटर्सबर्गचे इंजिनियर पी. जी. सबोलेव्स्की यानी हा प्रश्न हाती घेतली. त्यावेळच्या परिस्थितीनुसार ही समस्या खरोखरीच असाधारण होती व ती सोडविण्यासाठी एखाद्या विलक्षण कल्पनेचीच जरूरी होती. त्यानी नाण्याचा साचा स्पंजी प्लॅटिनमने भरला (रासायनिकमार्गे प्लॅटिनम-खनिजांवर प्रक्रिया केली असता स्पंजी प्लॅटिनम मिळते). नंतर त्यावर भरपूर दाब देऊन १००० अंश से. तपमानापर्यंत ते तापविले. या पद्धतीचा मोठा असाधारण निष्कर्ष मिळाला. धातु वितळून बाहेर न येता सधन बनला म्हणजेच स्पंजी प्लॅटिनम न वितळता त्याचे नाण्यात रूपांतर झाले. इतर ओतीव नाण्यात व या मार्गे तयार केलेल्या नाण्यात वरपांगी कोणताच फरक दिसत नव्हता. अशा प्रकारे, धातुशास्त्राच्या इतिहासातील एका नव्या पद्धतीचा – जी आजही आपले महत्त्व राखून आहे – शोध एका रशियन इंजिनियरने लावला. पुढे तीन वर्षानीच याच पद्धतीची नक्कल असलेली एक पद्धत इंग्लिश रसायनशास्त्रज्ञ डब्ल्यू. एच्. वोलॅस्टन यानी शोधली. चूर्णरूप धातुशास्त्र म्हणून आज हा प्रकार ओळखला जातो.

सबोलेव्स्कीच्या या महान सेवेचा सन्मान करण्यासाठी वित्तमंत्र्यानी त्यास वेतना व्यतिरिक्त दरवर्षी २५०० रूबल देण्याची सूचना केली. "तो जोपर्यंत सेवेत आहे तोपर्यंत ही रक्कम त्यास मिळत रहावी."

झारने वित्तमंत्र्यांची ही सूचना अर्थातच स्वीकारली.

सबोलेव्स्कीच्या या शोधामुळे टांकसाळीतून मोठ्या वेगाने नाणी बाहेर पडू लागली. थोडक्याच अवधीत ९०० पौंड प्लॅटिनमपासून १४००००० नाणी पाडली गेली. पण दिवसेंदिवस हा धातु अधिकाधिक महागडा होत असल्यामुळे आपली चूक सरकारच्या लवकरच ध्यानात आली. प्लॅटिनमच्या नाण्यांची किंमतही वाढू लागली आणि त्यांच्या दर्शनी किंमतीपेक्षा कितीतरी जास्त किंमत त्याना पडू लागली. याचा अपेक्षित परिणाम एकच होता, तो म्हणजे चलनात आलेली सर्व नाणी दिसेनाशी झाली. एका बाजूने सरकारी खजिन्यातील प्लॅटिनमचा साठा सुधारावा म्हणून अर्थखात्याचे प्रयत्न चालू होते तर दुसरीकडे, व्यापारी प्लॅटिनमची नाणी स्वतःच्या ताब्यात ठेवून इतर नाण्यांच्या साहाय्याने व्यवहार करू पाहत होते. आज ह्या नाण्यांचे दर्शन होणे दुर्लभच असून एखाद्या खास दर्जाच्या नाणीसंग्रहालयातच ही दुर्मिळ नाणी पहावयास मिळतील.

मात्र, प्लॅटिनमच्या नाण्यानी विज्ञानाची एक मौलिक सेवा बजावली असून ती कधीच विमरता येणार नाही. नाणी पाडण्याच्या उद्योगात प्लॅटिनम खनिजांचे म्हणजेच नाणीउद्योगातील निरूपयोगी पदार्थांचे मोठाले ढीगच्या ढीग सेंट पीटर्सबर्गच्या टांकसाळीत – प्रयोगशाळेत – साचले होते. या कचऱ्यांच्या ढिगांबद्दल १८४१ मध्ये कझान विद्यापीठाच्या प्रा. कार्ल कार्लोविच क्लॉस याना फार कुतुहल वाटले व त्याच बरोबर ओसान यांच्या "शोधांबद्दलही" त्याना काहीसे कौतुक वाटत होते. त्यानी टांकसाळीस प्रयोगार्थ, दोन पौंड "कचरा" पाठविण्यास सांगितले. या कचऱ्यात त्याना मोठ्या नवलाईची वस्तुस्थिती अशी आढळली की त्यामध्ये १० टक्क्यांपर्यंत प्लॅटिनम व त्यासह अल्प प्रमाणात ओस्मिअम, इरिडिअम, पॅलॅडिअम आणि ऱ्होडिअम हे धातु होते.

ज्या "कचऱ्या"कडे आजपावेतो कुणाचेही लक्ष्य गेले नव्हते तो एकाएकी मौल्यवान खजिना ठरला.

क्लॉसने ताबडतोब आपले निष्कर्ष खनिकर्म खात्यास कळविले. अल्पावधीतच त्याची व सरदार कँक्रिनची भेट झाली. (याच सरदाराने प्लॅटिनमची नाणी पाडण्यास मंजुरी दिली होती.) सरदाराने या रसायनशास्त्रज्ञाच्या अहवालाची गंभीर दखल घेतली व अधिक संशोधनार्थ साहाय्य केले.

क्लॉमच्या चिकाटीने त्यास यश मिळवून दिले. त्याने सिद्ध केले की या कचऱ्यात इतर ज्ञात धातूंबरोबरच, पूर्वी ओसानने ज्या एका धातूचा उल्लेख केला होता त्या रूदेनिअमचेही अस्तित्व आहेच आहे. क्लॉसचे समर्थन एवढे पद्धतशीर व अचूक होते की ज्या बर्झेलियसने याही वेळी आक्षेप घेतले त्यास अखेर आपले शब्द मागे घ्यावे लागले आणि क्लॉसच्या शोधास मान्यता द्यावी लागली. क्लॉसच्या या शोधाबद्दल त्यास एकट्यास देमिदव पारितोषिक बहाल केले गेले – १००० रूबल!

यावेळेसच एकीकडे उरालप्रदेशी प्लॅटिनमचे उत्पादन वेगाने वाढत होते. विशेष ध्यानात घेण्याजोगी गोष्ट ही की १९१५ मध्ये एकट्या रशियामार्फतच प्लॅटिनमच्या जागतिक उत्पादनाचा ९५ टक्के वाटा उचलला गेला (उर्वरित ५ टक्के कोलंबियात झाले). पुढे पुढे जागतिक बाजारपेठेस द. आफ्रिका, कॅनडा व अमेरिका या देशांमार्फतही पुरवठा होऊ लागला, तथापि सोविएत संघाने या क्षेत्रातील

आपले महत्त्वपूर्ण स्थान नेहमीच कायम राखले आहे.

एक लक्षात घेण्याजोगी वस्तुस्थिती अशी की सोन्याच्या जागतिक उत्पादनाने एकहजार टनाचा आकडा केव्हाच ओलांडला असला तरी प्लॅटिनमचे उत्पादन अद्यापीही टनांमध्येच मोजले जात आहे. उदाहरणार्थ, १९६० मध्ये सर्व भांडवलशाही देशांमध्ये १६ टनांपेक्षा थोडया जास्त प्लॅटिनमचे उत्पादन झाले. मायाकोव्स्की या रशियन कवीच्या शब्दात म्हणता येईल की "एका ग्रॅमचे उत्पादन म्हणजे वर्षभराचे काम." खरेच आहे की हा एक ग्रॅम धातु मिळविण्यासाठी शेकडो घनमीटर खनिजावर प्रक्रिया करावी लागते. यामागचे कारण असे की खनिजात प्लॅटिनमचे प्रमाण मुळातच अत्यल्प असते, शिवाय त्याचे विस्तृत वा विपूल साठे अद्यापीही सापडावयाचे आहेत. धातुरूप प्लॅटिनमचा नैसर्गिक आढळतर फारच दुर्मिळ स्वरूपाचा असतो. आजपावेतो आढळलेली नैसर्गिक धातुरूप प्लॅटिनमची लगड १० कि. ग्रॅ. पेक्षा जास्त वजनाची नाही.

गतशतकाच्या अगदी सुरुवातीच्या काळापासून प्लॅटिनमच्या व्यावहारिक उपयोगाना सुरुवात झाली. कुणीतरी एकाने, तीव्र सल्फ्युरिक आम्ल ठेवण्यासाठी प्लॅटिनमच्या पात्राची कल्पना लढविली आणि तेव्हापासून असे उपयोग सुरू झाले. त्याच्या अंगच्या अगदी अविश्वसनीय अशा रासायनिक रोधकतेमुळे हा धातु मुशी, भांडी, चाळण्या, नळया इत्यादी स्वरूपात वापरला जातो. रासायनिक कारखान्यामधून वापरण्यासाठी व आम्लरोधक व उष्णतारोधक भांडी तयार करण्यासाठी मोठया प्रमाणात प्लॅटिनम धातु खर्च होतो.

हे खरेच आहे की, एका प्रसिद्ध चेकोस्लोवाक काच कारखान्यात वितळलेली काच ढवळण्यासाठी प्लॅटिनमची जी "पळी" आहे ती ७५०००० क्रोन किंमतीची असून ज्या मुशीत ही ढवळण्याची क्रिया केली जाते तीस याच्या दुप्पट किंमत पडली आहे. पण या पैशाचे चीज आहे. एक तर ही साधनसामुग्री अत्युच्च दर्जाची व अद्ययावत असून त्यांच्या साहाय्याने अत्यंत श्रेष्ठ दर्जाची काच तयार होण्याची खात्री मिळते. सूक्ष्मदर्शक यंत्रे, दुर्बिणी व तत्सम प्रकाशीय उपकरणे तयार करण्यासाठी ही काच वापरली जाते.

प्लॅटिनमचा दुसरा महत्त्वाचा उपयोग उत्प्रेरक म्हणून आहे. हंगेरीत तयार होणारा एक प्रकारचा दिवा (लायटर) प्लॅटिनमच्या याच गुणधर्मावर आधारलेला आहे. त्यामध्ये नेहमीसारखे दातेरी चक्रही नाही व फ्लिंटचा खडाही नाही. ज्योत निर्माण होण्यास या उपकरणाचे फक्त झाकण काढले की पुरे; झाकण उघडताच त्यातून येणाऱ्या वायूचा हवेशी संबंध येताच ज्योत जळू लागते. पण ही क्रिया फक्त प्लॅटिनमच्या उत्प्रेरकाच्या सन्निध्यातच घडून येते. ज्या तोंडातून वायू बाहेर पडतो त्याभोवती प्लॅटिनमची बांगडी बसविलेली असते. तीव्र आणि प्रक्रियेपेक्षाही अधिक वेगाचा वारा ही ज्योत विझवू शकत नाही, त्यासाठी झाकण बंद केले की बस्स, ज्योत विझून जाते.

नायट्रिक आम्लाच्या उत्पादनात आमोनियाचे ऑक्सिडिकरण करावे लागते. या ठिकाणी उत्प्रेरक म्हणून प्लॅटिनमवाचून चालणेच अशक्य. अत्यंत विरविरीत (पातळ) प्लॅटिनमच्या कापडातून (ज्याच्या दर सें. मी. मध्ये ५००० पर्यंत छिद्रांची जाळी असते) अमोनिया व हवेचे मिश्रण मोठया वेगाने उडविले जाते. परिणामी नायट्रोजन व पाण्याचे बाष्प यांची ऑक्साइडे निर्माण होतात. ती पाण्यात विरघळली असता नायट्रिक आम्ल मिळते.

रशियात, नायट्रिक आम्लाच्या उत्पादनक्षेत्रात प्लॅटिनमचा जो वापर सुरू झाला त्याचे श्रेय आय्. आय्. अंद्रेयेव याना जाते. नायट्रिक आम्ल उद्योगाचे ते जनकच समजले जातात. अमोनियाच्या ऑक्सिडिकरणाच्या क्रियेत विविध उत्प्रेरकांची भूमिका काय असते याचा त्यानी अभ्यास केला.

हे काम पहिल्या महायुद्धाच्या काळात झाले, कारण त्यावेळी नायट्रिक आम्लाची प्रचंड गरज

होती. एक किलोग्रॅम स्फोटकद्रव्य तयार करण्यासाठी दोन किलोग्रॅम नायट्रिक आम्लाची गरज होती. १९१६ च्या अखेरी अखेरीस रशियन सैन्यास दरमहिन्यास, ६४०० टन स्फोटकद्रव्याची जरूरी होती. नायट्रिक आम्लाच्या उत्पादनार्थ आवश्यक असणारा कच्चा पदार्थ फक्त चिली देशातच नैसर्गिकरित्या उपलब्ध होता. यामुळेच नायट्रिक आम्लाचा दुष्काळ पडला होता व त्यासाठी काही पर्यायी मार्ग शोधण्याचा कसून प्रयत्न चालू होता.

नेमके याच वेळी आय्. आय्. अंद्रेयेव यानी सुचविले की कोकभट्टीच्या निरूपयोगी उत्पादनामध्ये वाया जाणारा अमोनिया अत्यंत जरूरीचा कच्चा पदार्थ आहे. त्यांच्या प्राथमिक प्रयोगातून दिसून आले की प्लॅटिनमच्या सन्निध्यात मोठ्या वेगाने अमोनियाचे ऑक्सिडिकरण करणे जरूरी आहे. दनबास येथे अंद्रेयेवनी नायट्रिक आम्ल तयार करण्याचा पहिला कारखाना उभारला आणि येथेच तर अनेक कोकचे व इतर रासायनिक कारखाने वसलेले होते, म्हणजेच अमोनियाचा पुरवठाही भरपूर प्रमाणात होणे शक्य होते. १९१७ च्या उन्हाळ्यात हा कारखाना सुरू झाला आणि नायट्रिक आम्लाची समस्या सुटली.

या वेळेपावेतो, प्लॅटिनमला केवढे महत्त्वपूर्ण स्थान मिळण्यास सुरुवात झाली ते पाहणे मनोरंजक ठरेल. १९१८ च्या त्या अडचणींच्या वर्षातही प्लॅटिनमच्या अभ्यासार्थ एक खास संस्था उभारण्यात आली व पुढे ती शास्त्र आकादमी या संस्थेच्या अकार्बनी रसायनशास्त्र संस्थेस जोडण्यात आली. आज या ठिकाणी प्लॅटिनम व प्लॅटिनम गटातील धातूंच्या रसायनशास्त्राबद्दल व तंत्रविज्ञानाबद्दल महत्त्वपूर्ण संशोधन केले जाते.

केवळ रसायनशास्त्रज्ञानाच प्लॅटिनमची गरज असते असे मुळीच नव्हे. काचेसह ते सीलबंद करण्याच्या गुणधर्मामुळे हा धातु काचवेष्टित अशा अनेक उपकरणांमध्ये अत्यंत महत्त्वाचा ठरला आहे.

अत्यंत पातळ असा प्लॅटिनमचा थर काचेवर चढविल्यास त्यायोगे विस्मयजनक गुणधर्म असणारा

आरसा तयार होतो; तो एकदिश् परावर्तकता असणारा ठरतो. त्याच्या ज्या बाजूस प्रकाश असेल त्या बाजूकडून साध्यासुद्धा आरशाप्रमाणे परावर्तन होईल पण त्याची विरुद्ध बाजू साध्यासुध्या काचेप्रमाणेच पारदर्शक असेल म्हणजेच आरपार पाहता येईल. एकेकाळी असे प्लॅटिनम-आरसे अमेरिकेत फार लोकप्रिय होते. त्यामुळे बाहेरून आतले न दिसता आतल्या व्यक्तींना मात्र बाहेरचे (रस्त्यावरचे) स्वच्छ पाहता येत असे. यामुळे खिडक्यादाराना पडदे लावण्याची गरज भासत नसे.

या ठिकाणी हे सांगणे जरूरी आहे की प्राचीन

ॲझ्टेक लोकानी प्रथमतः प्लॅटिनम-आरसे तयार केले. मात्र ते काचेच्या साहाय्याने नव्हे तर धातूंचे पत्रे वापरून तयार केले गेले होते. या पत्र्यांवर अत्यंत गुळगुळित व उत्कृष्ट पॉलिश केलेले प्लॅटिनमचे तक्ते आढळतात. त्यावेळी त्याना हे कसेकाय शक्य झाले हे कोडेच आहे. कारण प्लॅटिनम जर शुभ्रवर्णी दिसण्याएवढे तप्त केले तरच ते जोडता किंवा ठोकता येते, अन्यथा नाही. त्याकाळी एवढे तपमान वापरण्याचे तंत्र विकसित झाले असण्याची शक्यता मुळीच वाटत नाही. तरीसुद्धा आरसे केले गेलेच. मॉंटेझुमा नामक ॲझ्टेक राजाने असे अनेक आरसे करून स्पेनच्या राजास भेट म्हणून पाठविले आणि त्याचे पारितोषिकही मॉंटेझुमास मिळाले. १५२० मध्ये मॉंटेझुमास कैद करून फाशी दिले गेले!

प्लॅटिनम-स्पंजामार्फत वायु फार मोठ्या प्रमाणात शोषिले जातात व यातूनच एक मोठा आश्चर्यकारक गुणधर्म पहावयास मिळतो. प्लॅटिनमच्या पात्रात अगदी वाताभेद्य पद्धतीने सीलबंद केलेला हायड्रोजन किंवा ऑक्सिजन वायु, तापविला असता "गळू" लागतो किंवा निसटतो, कारण एखाद्या चाळणीतून पाणी गळावे तद्वतच प्लॅटिनमच्या भिंतीतून वायु आरपार जाऊ शकतात.

उच्च तपमानाची मोजदाद करण्यासाठी प्लॅटिनम फार मौल्यवान ठरते. प्लॅटिनमच्या प्रतिरोधी तपमानमापकांचा अतिशय विस्तृत वापर होतो. एखाद्या विद्युतवाहक तारेचा (या ठिकाणी प्लॅटिनमच्या तारेचा) विद्युतरोध वाढत्या तपमानानुसार वाढत जातो व त्याचे प्रमाण स्थिर असते. प्रतिरोधी तपमानमापकाची उभारणी या तत्त्वावर केलेली असते. त्यामध्ये प्लॅटिनमच्या तारेचे वलय अथवा तार घेऊन निरनिराळ्या, माहीत असलेल्या तपमानात त्या वलयाचा विद्युतरोध मोजून इयत्तीकरण केलेले असते.

तपमानमापकाचा एक साधा पण अचूक असा प्रकार म्हणजे तापयुग्मे ही होत. दोन भिन्न धातूंच्या तारा जर एकमेकास सांधल्या तर त्यांचा जोड तापविल्यास विद्युतप्रवाह निर्माण होतो. जेवढे तापविणे तीव्र तेवढा विद्युतप्रवाह अधिक हा संबंध ध्यानात घेऊन तापयुग्मे तयार केली जातात. ती बहुधा प्लॅटिनम आणि त्याच्या ऱ्होडिअम किंवा इरिडिअमयुक्त मिश्रधातूंची तयार केली जातात.

प्लॅटिनममध्ये इरिडिअम मिसळून (१० टक्के) तयार होणाऱ्या मिश्रधातूचा प्रमाणित किलोग्रॅम १८८३ मध्ये तयार केला गेला. आज तो लेनिनग्राद येथील मेंदेलेयेव मोजमापशास्त्र संस्थेत पहावयास मिळेल. तेथील प्रवेशद्वारी लावलेल्या पाटीवर रशियन व फ्रेंच भाषेत पुढील शब्द कोरलेले आढळतात: "युएसएसआर स्टेट स्टॅंडर्ड्स."

ज्या खोलीत ही प्रमाणित वजनेमापे ठेवलेली असतात तेथे स्थिर तपमान व आर्द्रता राखलेली असते. तसेच तेथे तीन व्यक्तींच्या साक्षीनेच प्रवेश करता येतो, त्या म्हणजे संस्थेचे संचालक, संस्थेचे विद्वान व्यवस्थापक आणि ठेवलेल्या संबंधित प्रमाणित वस्तूंचे विद्वान व्यवस्थापक ह्या होत. प्रत्येकाजवळ त्यास असलेल्या तीन कुलुपांपैकी एकाच कुलुपाची किल्ली असते त्या प्रत्येकाने आपापली किल्ली संबंधित कुलुपात सरकविल्यानंतरच खोलीचे

अजस्त्र दार उघडते. किलोग्रॅमचा जो मूळरूप नमुना आहे तो ३९ मि. मी. व्यास व उंची असणारा एक दंडगोल असून काचेच्या अच्छादनाखाली असणाऱ्या अश्मस्फटिकावर तो आधारलेला आहे.

वेळोवेळी तयार होणारी मानके या मूळरूप प्रमाणाशी ताडून पाहण्यासाठी अगदी मानवी श्वासाने देखील स्थैर्य भंगणाऱ्या अतिसंवेदनशील तराजूच्या साहाय्याने तपासली जातात. बाहेरच्या वाहतुकीमुळे किंवा इमारतीत असणाऱ्या यंत्रादिकांमुळे या मूळरूप मानकावर यत्किंचितही परिणाम होऊ नये यासाठी हा तराजू सात मीटर खोल गेलेल्या पायावर उभारलेला आहे. शेजारच्या खोलीतून दूरवर्ती नियंत्रणामार्गे त्यावर काम केले जाते व त्यायोगे स्थिर तपमान आणि आर्द्रता यांचा तोल सांभाळला जातो. एवढी सारी काळजी घेऊनही सुमारे १०० वर्षात या मूळरूप किलोग्रॅमचे वजन ०.०१७ मिलिग्रॅमने कमी झाल्याचे आढळते. तथापि हा फरक एवढा शून्यवत किंवा अत्यल्प आहे की १९६८ मध्ये राष्ट्रीय प्रमाणित किलोग्रॅम म्हणून परत त्याचीच निवड केली गेली.

याच ठिकाणी, एका पेटीत प्लॅटिनम-इरिडिअमचा दंड अथवा शिग ठेवली असून अगदी अलिकडेच राष्ट्रीय प्रमाणित मीटर म्हणून त्याची निवड झाली आहे. लांबीचे हे प्रमाणित एकक म्हणजे पॅरिसच्या दक्षिणोत्तर वृत्ताच्या एक-चाळीस दशलक्षांश मूल्याएवढे भरते, जे फ्रान्समध्ये १७९३ साली प्रस्थापित झाले. सहा वर्षांनी पहिला प्रमाणित मीटर तयार करण्यात आला आणि आज तो पॅरिस येथील वजनमापविषयक आंतरराष्ट्रीय संस्थेत पहावयास मिळेल. त्यावर पुढील "गंभीर" शब्द खोदलेले आहेत: " सर्व कालासाठी सर्व लोकांसाठी . " १८८९ पासून ते आजतागायत, वरील संस्थेतील मूळ नमुन्याबरहुकूम काटेकोर व एकाच ओतकामाच्या साहाय्याने प्रमाणित मीटर तयार करण्यात आला तोच सोविएत संघामध्येही वापरला जातो.

अशा मानकांची अचूकता वाढविण्यासाठी शास्त्रज्ञ एकसारखा प्रयत्न करीत आहेत. परिणामी, प्लॅटिनम-इरिडियमच्या प्रमाणित शिगेस १९६० मध्ये आपल्या " जागेचा राजीनामा " देणे भाग पडले व त्या जागी क्रिप्टॉन दिपाचा प्रकाश राखला गेला. प्रमाणित मीटर मग क्रिप्टॉन-८६ या समस्थानिकाने उत्सर्जित केलेल्या नारिंगी रंगातील १६५०७६३.७३ एवढ्या तरंग लांबीचा मिळून तयार होणारा पट्ट ठरला. पण हे मानक अथवा प्रमाणित मीटर प्रत्यक्ष व्यवहारात कसे काय वापरले जाते? त्यासाठी एका खास उपकरणाची तरतूद करण्यात आलेली आहे. त्यास व्यतिकरण तुलनायंत्र असे नाव असून त्याच्या साहाय्याने तरंगलांबींची उपलब्ध असलेली संख्या प्रमाणित मानकाशी तुलना केल्या जाणाऱ्या मीटरमध्ये बसते की नाही ते ताडून पाहिले जाते.

आणखी एक मूलभूत एकक प्लॅटिनमशीच संबंधित असून ते म्हणजे कँडेला ( नव-कँडल ) ऊर्फ दीप्तीय तीव्रता हे होय. थोरियम ऑक्साइडमध्ये ओतकाम केलेली नलिका वितळलेल्या प्लॅटिनममध्ये बुडवून या आडव्या स्थितीतल्या नलिकेतून जी अनुदीप्ती बाहेर पडते त्यावर वरील मूलभूत मानक आधारलेले आहे. प्लॅटिनम थंड होतेवेळी मोजमाप केले जाते कारण या कालात स्थिर तापमान असल्याने कँडेला ऊर्फ दीप्तीय तीव्रतेचे पुनुरूत्पादन अत्यंतिक काटेकोरपणे होऊ शकते.

वैद्यकक्षेत्रात प्लॅटिनमचा दिवसेंदिवस वाढता वापर होत आहे. खास प्लॅटिनममध्ये तयार केलेले ऋणाग्र रक्तवाहिन्यात सरकवून शल्यविशारदाना अनेक व्याधींचे, विशेषत: हृद्‌रोगांचे निदान करणे शक्य होते. प्लॅटिनम व हायड्रोजन यांच्यातील विद्युतरासायनिक प्रक्रियेवर ही पद्धत आधारलेली असून तीस प्लॅटिनम-हायड्रोजन रोगनिदान असे म्हटले जाते. आज अनेक देशात या पद्धतीचा वापर होतो.

ओहियो ( अमेरिका ) येथील डॉक्टरानी एक अगदी मूलभूत स्वरूपाची भूल देण्यास उपयुक्त

ठरणारी पध्दत शोधून काढली आहे. तीमध्ये काही सें. मी. लांबीची प्लॅटिनमची पट्टी वापरण्यात आलेली असून ती संदेशतारेस व विद्युतघटास जोडलेली असते. रोग्याच्या सूक्ष्म हालचालीमुळे मेंदूकडे जाणारा विद्युतसंदेश निर्माण होतो आणि दुःखदायक साऱ्या संवेदना लुप्त होतात.

प्लॅटिनमच्या बाबतीत ऑक्सिडिकरणाची मुळी-सुद्धा भीती नसल्यामुळे त्यास दंतवैद्यकीतही मानाचे स्थान मिळाले आहे. या क्षेत्रात शुद्ध प्लॅटिनम अंगच्या लवचिकतेमुळे तितकेसे उपयुक्त नसले तरी त्याच्या मिश्रधातूंच्या अंगी उत्तम ताकद असल्यामुळे ते मात्र चांगलेच उपयोगी पडतात. सुरुवातीच्या काळात प्लॅटिनममध्ये रूपे आणि निकेल मिसळून मिश्रधातु तयार करत पण आज त्याऐवजी सोने व प्लॅटिनमगटातील इतर धातु वापरले जातात. त्यांच्यासह प्लॅटिनमला ऑक्सिडिकरणाचा धोका तर राहतच नाहीच शिवाय ते अत्यंत झीजरोधक बनते.

प्लॉटिनमच्या जागतिक उत्पादनापैकी बराचसा भाग जडजवाहिऱ्यांच्या हातात पडतो कारण या लोकानी प्लॅटिनमचे दागदागिने, शोभेच्या वस्तु, कलाकुसरीचे साहित्य यांचा मोठा प्रसार तर केला आहेच शिवाय त्याची किंमत सोन्यापेक्षा कितीतरी पट अधिक झालेली आहे. पहिल्या महायुद्धापूर्वीच्या काळात प्लॅटिनमच्या अंगठ्या, कानातील डूल, गळ्यातील माळा, बांगड्या, आलंकारिक पिना व इतर लहानसहान दागिने वापरण्याची मोठी हौस निर्माण झाली होती ( काही लोक आपल्या लाडक्या कुत्र्याच्या गळ्यात प्लॅटिनमचा पट्टा व साखळी अडकवित तर " विद्वान " पोपटासाठी पिंजरा बनवित ). प्लॅटिनमचे मिश्रधातूही लोकप्रिय असत. दागदागिने घडविणाऱ्याना त्यांची जादा कठीणता फार पसंत होती व ते स्वस्त असल्यामुळे सर्वसामान्यानाही आपली हौस पुरी करता येत असे.

सोविएत संघामध्ये प्लॅटिनम एक मोठी उदात्त कामगिरी पार पाडत आहे. तेथील सर्वश्रेष्ठ " ऑर्डर ऑफ लेनिन " हा राष्ट्रीय बहुमान प्लॅटिनम-पासूनच तयार केला जातो. त्यावर सोविएत राज्याचे शिल्पकार व्लादीमिर लेनिन यांची प्रतिमा पहावयास मिळते.

# २१. धातूंचा राजा व राजेलोकांचा धातु

राजा मिडासने व्यक्त केलेली इच्छा – तुकडा काढणे कठीणच – राजांच्या दरी-प्रदेशात – सेमीरामींची आराधना – लोकांची सोय करण्यासाठी – किमयाशास्त्र आणि चौकशी – टेंप्लरांचा खजिना – सुवर्णअश्व कोठे आहेत ? – ॲटाहॉल्पाच्या सुटके-साठी – सूर्यमंदिर – समुद्र घेत असलेला सूड – “ सुवर्ण-ज्वर ” – राणीचा संग्रह – राजकुमार गगारिनचे वाहन – निकिफर स्युत्कीनचे नशीब – मोने-उत्पादकाच्या चाळणी-ऐवजी – ऑस्ट्रेलियातील सोन्याची लगड – बुद्धाचे दगडी पोशाख – अगदी गुप्तपणे ! – सोनेभक्षक बॅक्टेरिया – आर्कि-मिडिसने उघडकीस आणलेली फसवणूक – ख्रिस्तमंदिराच्या विश्वस्ताना हातोहात फसविले – डोकेबाज वित्त-कारकून – नील्स बोरचे सुवर्णपदक – कायमच्या बंदिवासात – प्रशांत महासागराच्या तळाशी .

सोने !.. या दोन अक्षरांनी तयार होणाऱ्या धातूएवढी निर्दय भूमिका मानवाच्या युगायुगांच्या इतिहासात इतर कोणत्याच धातूने बजाविली नसेल. केवळ सोन्यासाठी देशोदेशी रक्ताचे महापूर वाहिले आहेत, मोठमोठी युद्धे क्रूरपणे खेळली गेली आहेत, राष्ट्रेच्या राष्ट्रे धुळीस मिळालेली आहेत आणि क्रूरकर्म्यातल्या क्रूरकर्म्यासही खाली पहावयास लावतील अशी नीच कृत्ये केली गेली आहेत. या सुंदर, पिवळ्या रंगाच्या धातूपायी अनेकानी जी दुःखे भोगली व यातना सहन केल्या त्याचे पुरेसे वर्णन करण्यास शब्द पुरे पडणार नाहीत.

असे म्हटले तर योग्यच ठरेल की सोन्यापायी जर प्रथम कोण कमनशिबी ठरला असेल तर मिडास हा फ्रिजियाचा राजा होय. ग्रीक पुराणकथेत मिडास राजाची कथा पुढीलप्रमाणे पहावयास मिळते.

एक दिवस, झिऊसचा मुलगा ( मद्यार्काची देवता डायोनिसस ) आपल्या काही भक्तांसह फ्रिजियाच्या रम्य वनश्रीत फिरत होता. त्यावेळी डायोनिससचा अत्यंत प्रिय गुरू व पालक सायलेनस, मद्यपानाच्या व उल्हसित चित्तवृत्तीच्या अवस्थेत इतरांच्या काहीसा मागे रेंगाळला होता. फ्रिजियाच्या शेतकऱ्यांच्या दृष्टीस तो पडला असता त्यानी त्यास फुलांच्या माळानी बंदिस्त केले व राजा मिडाससमोर हजर केले. मद्यपान केलेल्या त्या वृद्ध सायलेनसला मिडासने तात्काळ ओळखले व त्याचा यथोचित आदरसत्कार केला. त्याच्या सन्मानार्थ राजाने योजिलेली मेजवानी पुरी नऊ दिवस चालली होती. दहाव्या दिवशी मिडासने स्वतःहून त्यास डायोनिससकडे पोहोचते केले. सायलेनसला परत आलेला पाहून डायोनिसस एवढा आनंदित झाला की त्याने मिडासला पाहिजे तो वर मागण्यास सांगितले.

"हे देवाधिदेवा डायोनिसस !" मिडास आनंदित होऊन उद्‌गरला. "माझ्यावर कृपाच करावयाची असेल तर मी ज्याला ज्याला हात लावीन ती वस्तू तात्काळ सोन्याची होवो." मिडासची इच्छा डायोनिससने पूर्ण केली आणि मिडास मोठ्या विजयानंदाने घरी परतला. वाटेत त्याने झाडाची एक फांदी तोडली तोच ती लगेच सोन्याची बनली. वाटेत लागलेल्या शेतातील कणीस हातात घेतले तर तेही सोन्याचे झाले आणि एका झाडावरचे सफरचंद तोडताच ते सोन्याचे बनून लकलकू लागले ! हात धुण्यासाठी पाणी घेतले तोच ते वितळलेल्या सोन्याप्रमाणे हातातून निथळू लागले. मिडास अत्यानंदाने नाचू लागला. पण जेव्हा मोठे रूचिपूर्ण जेवण पुढे आले तेव्हा कुठे आपणास मिळालेल्या वराचे भयानक स्वरूप त्याच्या ध्यानी आले. या वरापायी आपण आता भुकेने आणि तहानेने झिजून झिजून मरणार हे सत्य त्यास भेडसावू लागले. आपले दोन्ही हात आकाशाकडे पसरून वर पाहत तो व्याकूळतेने प्रार्थना करता झाला, "हे देवाधिदेवा डायोनिसस ! मला वाचव !! माझ्यावर कृपा कर, मी तुझी करूणा भागतो. मला क्षमा

कर आणि हा तुझा वर परत घे. एवढी भीक मला घाल." डायोनिससने त्यास पॅक्टोलस नदीच्या उगमस्थानी जाण्यास फर्माविले. तेथल्या पवित्र जलाने मग मिडासने आपले हात धुतले आणि तो संकटमुक्त झाला.

सोन्याच्या हव्यासापायी जे कमनशिबी ठरले त्यांच्या लांबलचक यादीतील मिडास हा केवळ एक होय. अलिकडच्या काळातील एक उदाहरण एका वयस्क स्त्रीचे असून तिने शब्दशः आपल्या दातांनी स्वतःचे नाव कोरलेले पहावयास मिळते. ही जी घटना काही वर्षांपूर्वी घडली ती अशी :

फुजी कांकी या जपानी पर्यटन संस्थेने फुनाबारा सहलस्थानातील एका अत्यंत अद्ययावत विश्रामगृहात आंघोळीचे शुद्ध सोन्याचे स्नान-पात्र ठेवले. त्यामध्ये स्नान करण्यास जरी जबर मूल्य पडत असे तरी त्याचे आकर्षण तसूभरही कमी न होता उलट त्यामध्ये स्नान करणाऱ्या इच्छुकांची गर्दीच होत असे. त्या पर्यटन संस्थेस यामुळे भरपूर फायदा जरी होत होता तरी काळज्याही निर्माण झाल्या होत्या. इतर खबरदाऱ्यांबरोबरच त्याना गुप्तहेरांची फौजही बाळगावी लागली, कारण स्नानार्थ जाणाऱ्या-पैकी अनेकजण टॉवेलमध्ये किंवा कपड्यात एखादी पटा-शी किंवा हत्यार गुंडाळून नेण्यास चुकत नसत. स्नानगृहात एकटे असतेवेळी, त्या स्नानपात्राचा एखादा लहानसा तुकडा "आठवण" म्हणून मिळावा असा ते प्रयत्न करीत. अखेर रक्षकानी "आठवणी" गोळा करणाऱ्याना बरोबर काही नेण्यास बंदी घातली. पण पर्यटकही काही कमी नव्हते. एक सभ्य गृहस्थ स्वतःचे भान एवढे विसरला की पायांच्या टाचानी त्या सोन्याच्या पात्राचा तुकडा काढण्याच्या प्रयत्नास लागला व अखेर त्या रक्तबंबाळ टाचांवर वैद्यकीय उपचार करावे लागले. पण हे सारे उच्चांक या पूर्वी उल्लेख केलेल्या स्त्रीने मोडलेले आहेत. आंघोळीचा तिचा वेळ जेव्हा संपत आला तेव्हा तिने दातानी स्नान-पात्राचा तुकडा तोडण्याचा प्रयत्न केला. पण "फळ" फारच कठीण कवचाचे म्हटले पाहिजे,

कारण त्यानंतर काही दिवसानी ती स्त्री कवळ्या वापरताना दिसू लागली! आपल्या मूर्खपणाची किंमत तिने पुरेपूर मोजली.

असे म्हणतात की एकंदर यशामुळे फुजी कांकी सध्या एवढी उत्साहित झाली आहे की आता अशा सोयी त्यांच्या इतर सर्वोत्कृष्ट विश्रामस्थळी करण्याचे त्यांचे विचार आहेत.

सोन्याचा इतिहास म्हणजे खरे तर मानवी संस्कृतीचाच इतिहास ठरतो. कित्येक हजार वर्षांपूर्वी या धातूचा पहिला कण मानवाच्या हातात पडतो न पडतो तोच त्यास मौल्यवान धातु समजण्यास सुरुवात झाली. प्राचीन काळी सोन्याच्या बाबतीत इजिप्त हा देश अत्यंत श्रीमंत समजला जाई. तेथील स्मशानभूमीजवळ उत्खनन केले असता याचे पुरावे पहावयास मिळाले. "सूर्याच्या पहिल्याच किरणात सोने झगमगू लागे; जमिनीवर, भिंतीवर आणि दूर कोपऱ्यात जिथे दगडी शवपेटिका ठेवली असे तो कोपरासुद्धा सोन्याने लकलकत असे. त्या पिवळ्याधमक सोन्याच्या चकचकित तेजामुळे जणू ते नुकतेच खाणीतून आले आहे असेच वाटे." नाईल नदीच्या पश्चिम किनाऱ्यावरील व थिबीस दरीतील एका अज्ञात फारोह राजाच्या थडग्याचे

उत्खनन प्रथमतःच केले गेले हे काम केलेल्या पुरातत्त्ववेत्त्यांच्या गटातील एकाने १९०७ मध्ये वरीलप्रमाणे लिहिलेले आहे.

पुरातत्त्ववेत्त्यानी शोधून काढलेली थडगी व स्मशानाच्या जागा यावरून, प्राचीन काळच्या राजे-लोकानी जी प्रचंड संपत्ती आयुष्यभर उपभोगिली त्याची नखभरसुद्धा कल्पना येणार नाही. सेमिरामिस देवदेवतांची कृपा लाभावी या इच्छेने असिरियाच्या राणीने या देवांचे मोठमोठाले पुतळे सोन्यात घडविले. त्यापैकी एक मूर्ती १२ मीटर उंचीची असून तिचे वजन १००० बाबिलोनियन टॅलेंट ( सुमारे ३० टन ) होते. ऱ्हिआ या देवतेचा पुतळा तर याहीपेक्षा अधिक थक्क करणारा होता. तो तयार करण्यासाठी ८००० टॅलंट ( जवळजवळ २५० टन ) सोने खर्च झाले. दोन्ही बाजूस संरक्षणार्थ सोन्याचेच सिंह असणाऱ्या सिंहासनावर ही देवता बसलेली दाखविली आहे.

सोन्याची पहिली नाणी अडीच हजार वर्षांपूर्वी अस्तित्वात आली व ती लिडिया या गुलामगिरी राबविणाऱ्या बलिष्ट देशात सुरू झाली. हा देश पश्चिम आशिया मायनरमध्ये होता आणि ग्रीस व त्याच्या पूर्वेकडील शेजाऱ्यांशी त्याचे घनिष्ट व्यापारी संबंध होते. सोयीकरता लिडियन लोकानी शिक्का मारलेली सोन्याची नाणी सुरू केली व त्याच्या एका बाजूवर लिडियम लोकांच्या प्रमुख देवाचे – बसारिउसचे प्रतिक असलेल्या धावत्या कोल्ह्याचे चित्र होते.

पुढे जेव्हा सायरस या पर्शियाच्या राजाने लिडिया देश जिंकला तेव्हा मध्य पूर्वेतील इतर देशातही सोन्याची नाणी सुरू झाली. त्यामध्ये डॅरिक्स ही पर्शियन राजा डॅरिअस याच्या नावाने ओळखली जाणारी नाणी अत्यधिक प्रमाणात सर्वत्र प्रचारात होती. धनुर्धारीच्या स्वरूपात या राजाचा ठसा त्यावर पहावयास मिळतो.

या मध्ययुगातच किमयागारानी किमयाशास्त्र भरभराटीस आणले आणि त्याने जग पछाडले गेले. स्वस्त अशा पायाभूत धातूंचे ( शिसे, तांबे कथील, जस्त, लोखंड इ. ) सोन्यात रूपांतर करण्याचे वेड पुरातन खरे पण या कालात ते जेवढे पसरले होते तेवढे कधीच नव्हते. गूढ भासणाऱ्या एखाद्या गढीत किंवा तळघरात या किमयागारांच्या भट्ट्या रात्रंदिवस धगधगत असत व त्यावर ठेवलेल्या मुशींतून किंवा कढचातून उकळते रसायन विषारी वाफा फेकत असे.

ज्या परिसाचा वापर करून सोने मिळविणे शक्य होते त्याचाही सतत शोध चालू होताच. पण किमयागार व त्यांचे पाठीराखे त्यांच्याही फार पुढे गेले होते. या सुपीक पृथ्वीतलावर त्यामुळे विश्वासघात, वैरभाव यांचे अमाप पीक आले आणि नाही नाही त्या प्रकारचे गुन्हे फोफावले किंवा तशा वदंता पसरल्या. १४४० मध्ये गिलेस द लावल या रेझ्च्या ( रेट्झच्या ) जाहगिरदारावर– जो ब्ल्यूबियर्ड या दुष्ट नावाने प्रसिद्ध पावला

होता – ८०० कुमारिकांचा खून पाडल्याचा आरोप ठेवला गेला. खून का तर त्यांच्या रक्तापासून सोने मिळविण्यासाठी! नांटेस ख्रिस्तमंदिराच्या धर्म-गुरूंच्या आदेशानुसार गिलेसची चौकशी झाली व त्यास तात्काळ जिवंत जाळले गेले. पुढे १९२५ मध्ये म्हणजे सुमारे ५०० वर्षानंतर, गिलेस ज्या गढीत रहात असे ती जाता खोदली गेली व नेमक्या त्याच ठिकाणी सोने असणारी क्वार्ट्झची धमनी आढळून आली. रक्तापासून सोने मिळ-विण्याच्या कामी गिलेसला जो मित्र मदत करत होता तो फ्रान्सुआ प्रेलॅटी याच ठिकाणचे सोने त्या "ब्ल्यूबियर्ड"ला खणून देत असे.

सोन्याच्या इतिहासातील बरीच मनोरंजक पाने या मध्ययुगातच लिहिली गेली आहेत.

१३०६ मध्ये, एक दिवशी हमारो पॅरिशियन लोक रस्त्यात जमले. टेम्पलर्सचा प्रमुख जॅक्वेस द मोले यास पाहण्यास नव्या मंदिराकडे ते सारे निघाले होते. हजारो सरदार, चिलखतधारी व धनुर्धारी केवळ जॅक्वेस द मोलेच्या लोकांच्या संरक्षणार्थ जमले नव्हते तर टेम्पलर्सवामियानी इतर देशातून जी प्रचंड संपत्ती लुटली होती तिच्या रक्षणार्थ जमले होते. ही सारी संपत्ती सभोवताली खोल खंदक खोदलेल्या एका अभेद्य किल्ल्यात ठेवली जाणार होती. पण त्या मंदिराच्या प्रमुखास – जॅक्वेस द मोले यास – त्यावेळी कल्पना नव्हती की राजा फिलिप पुढे एक वर्षाने त्या सोन्यामुळे बेचैन होऊन आपणास ग्विलॉम द नोगारेट या नुकत्याच नेमलेल्या चौकशी-अधिकाऱ्यामार्फत कैद करणार आहे. एवढेच नव्हे तर आपल्या महकाऱ्यां-सह जिवंत जाळण्याची शिक्षाही देणार आहे. अर्थात राजाचा प्रमुख हेतू म्हणजे तो सारा खजिना हस्तगत करणे हा होता व त्यापैकी सोन्याचा एकही कण अथवा नाणे चौकशी करणाऱ्यांच्या हाती लागू नये याचीही त्याने पुरेपूर काळजी घेतलीच होती. पण जेव्हा त्या लोभाने पछाडलेल्या राजाच्या ध्यानी आले की आपण समजलो तेवढे काही ते भांडार मोठे नाही, तेव्हा मात्र त्याच्या

निराशेची कल्पनाच केलेली बरी. बहुधा त्यापैकी बराचसा भाग त्या टेंपलर लोकानी आधीच छपवून ठेवला असावा!

त्यानंतर अनेक शतके उलटली. १७४५ मध्ये जॅक्वेम द मोले याने लिहिलेले एक पत्र जुन्या कागदपत्रात मापडले. आपल्या मृत्यूपूर्वी ते ड्यूक ग्विलॉम द बोगेट याच्या पुतण्याच्या हाती पडावे अशी त्याने बहुधा व्यवस्था केली असावी. त्यात म्हटले होते:

" तुझ्या काकाच्या थडग्यात त्याचे अवशेष नसून गुप्त पुरावस्तूसंग्रह आहे. त्या ठिकाणी इतरही अवशेष आहेत – जेरूसलेमच्या राजाचा मुकुट आणि जेरूसलेम येथल्याच मंदिरास सजविणारे चार सोन्याचे पुतळेही आहेत. सुदैवाने ते मुस्लिम आक्रमकांच्या हाती लागले नाहीत. उरलेली संपत्ती प्रवेशद्वाराकडून देवळा-खाली असणाऱ्या भुयाराकडे जाणाऱ्या मार्गावर वाटेत जे दोन स्तंभ आहेत त्यामध्ये सापडेल. या स्तंभांची जी डोकी ( स्तंभशीर्षे ) आहेत ती फिरणारी असून त्यामुळे ते उघडले जातात."

जॅक्वेस द मोलेला जिवंत जाळण्याची शिक्षा अमलात आल्यावर तरुण ड्यूक द बोगेट याने

आपल्या नातेवाईकांचे अवशेष हलविण्याची फिलिपकडे परवानगी मागितली. शक्य आहे की त्याने स्तंभांमध्ये ठेवलेले सोनेनाणे हलवून इतरत्र कुठेतरी दडविले गेले असावे.

देवळातील दोन स्तंभांपैकी एक जरी पोकळ आढळला असेल तर या हकिगतीत तथ्य समजण्यास हरकत नाही. पण ती संपत्ती कुठे गेली असावी? या प्रश्नाने अनेक शोधकांची झोप उडविली खरी पण हे रहस्य काही अखेरपर्यंत उलगडले नाही.

पुढील पिढ्याना काहीच सांगता येऊ नये अशा अनेक जुन्या कथांपैकी ही केवळ एक म्हणता येईल. दुसरी एक मनोरंजक दंतकथा म्हणजे खान बाटूच्या सोन्याच्या घोड्यांची.

निरनिराळ्या युद्धात विजय प्राप्त करतेवेळी खान बाटूने अगणित संपत्ती गोळा केली आणि पुढे निव्वळ सोन्यातील पूर्ण आकाराचे दोन अश्वपुतळे तयार करण्यास त्याने फर्मावले (त्या प्रत्येकाचे वजन निदान दीड टन तरी होते). आपल्या सामर्थ्याचे प्रतीक असलेले ते पुतळे खानने आपल्या सराई-बाटू या राजधानीच्या शहरी उभारले.

अनेक वर्षे उलटली. खान बाटूच्या गादीवर आलेल्या त्याच्या खान बर्की या भावाने ठरविले की पूर्वीच्या राजधानीपेक्षाही अधिक भव्य अशी नवी राजधानी बांधावयाची. जेव्हा सराई-बर्कीचे काम पुरे झाले तेव्हा ते सोन्याचे अश्व हलविण्यात आले व एका खानाकडून दुसऱ्याकडे ते जात राहिले. जेव्हा खान मामाई मृत झाला तेव्हा त्यास सराई-बर्कीच्या कोटाजवळ सोन्याच्या एका घोड्यासह पुरले गेले.

त्याच्या "जुळ्या"चे वेगळेच नशीब होते. रशियन लढवय्यांच्या सराई-बर्कीतील एका पथकाने दुसरे काही न नेता तो सोन्याचा घोडाच फक्त पळविला. त्यांचा पाठलाग सुरू झाला व ते जवळ येत आहेत असे पाहून त्या रशियन लढवय्यानी आपले अमूल्य पारितोषिक ऊर्फ तो सोन्याचा घोडा, एका विस्तीर्ण माळरानातील नदी तळी पुरला. पुढे पाठलाग करणाऱ्यांशी झगडता झगडता ते सारे मृत्युमुखी पडले. त्या सोन्याच्या घोड्याचे पुढे काय झाले हे कुणालाच कळले नाही.

१४ व्या शतकाच्या अखेरीस तैमूरच्या फौजानी सराई-बर्की उध्वस्त केले आणि पूर्वापार चालत आलेल्या दंतकथेनुसार जो एक सुवर्णअश्व मामाई-बरोबर पुरला गेला होता तोही नाहीसा झाला. घोड्याचा तो सुवर्णपुतळा खरोखरीच अस्तित्वात होता काय? लोककथा याचे उत्तर होकारार्थी देतात खरे पण त्याचे रहस्य कधीच उलगडलेले नाही.

१६ व्या शतकाच्या सुरुवातीसही जेव्हा किमये-मार्फत सोने मिळविण्याचे वेड युरोपात घट्ट मूळ धरून होते, त्याच वेळी स्पेनच्या व पोर्तुगालच्या चाचे लोकानी सोने मिळविण्याची एक मोठी नामी "पद्धत" शोधून काढली; ती म्हणजे ख्रिस्तोफर कोलंबसने शोधलेल्या अमेरिकेतील प्राचीन राज्ये लुटणे ही होय. ॲझ्टेक, इंका, माया व इतर जातीजमातीनी जे सोने गोळा केले होते ते मग अशाप्रकारे "नव्या जगा"कडून युरोपमध्ये वाहू लागले.

या विजेत्यानी कधीच कल्पना केली नव्हती की आपणास अमेरिकन भूमीवर हे एवढे थक्क करणारे धन कधीकाळी सापडेल. १५१९ मध्ये फर्नांडो कॉर्टेझ जेव्हा व्हेराक्रूझ येथे उतरला तेव्हा अमेरिकी इंडियन जमातीला आपल्या नशिबी काय येणार आहे याची मुळीसुद्धा कल्पना नव्हती. उलट या परकियांचे त्यानी अनेक दागदागिने, आभूषणे देऊन स्वागतच केले. या भेटींमध्ये बैलगाडीच्या चाकाएवढ्या दोन चकत्याही होत्या. त्यापैकी एक सोन्याची व एक रूप्याची—सूर्य व चंद्र यांची ती प्रतिके होती.

इंकांच्या साम्राज्यात सोने हे पूज्य समजले जाई व तो सूर्यदेवतेचा धातु समजत असत. तेथील मंदिरांमधून प्रचंड प्रमाणात सोन्याचा साठा असे. एका मंदिराबाबत तर असे सांगतात की त्याचे संपूर्ण छत सोन्याच्या ताऱ्यानी तसेच सोन्याच्या पक्ष्यानी, फुलपांखरानी मढविलेले होते व जणू वजनविरहित अवस्थेत ते सारे उडताना दिसत.

एकंदर देखावा एवढा विस्मयजनक होता की पाहणारी व्यक्ती आश्चर्यचकीत आणि स्मिमित होई.

फ्रान्सिस्को पिझॅरो या स्पेनवासियाने इंकाच्या भूमीवर १५३० च्या सुरुवातीस पाऊल ठेवले. त्यावेळी अमेरिकन भूमीवर परस्परविघातक युद्धे चालू होती. सुरुवातीला या नवागतांबद्दल इंका लोकाना गैर असे काहीच वाटले नाही. उलट, अॅटाहॉल्पा या इंकांच्या अत्युच्च प्रमुखास तर आपल्या शत्रूंचा नाश करण्यास कुणी परमेश्वरच अवतरले आहेत असेच वाटले.

पिझॅरोने त्या इंका-प्रमुखास मेजवानीस निमंत्रण दिले. सोन्याची आभूषणे व झाडाची पाने यानी सजून अॅटाहॉल्पा मेजवानीस गेला. त्याच्याजवळ अर्थातच कोणतेच शस्त्र नव्हते, तसेच बरोबरीच्या कुणाजवळच शस्त्रास्त्रे नव्हती. त्या विश्वासघातकी स्पॅनियर्डना तेच हवे होते. पिझॅरोने खूण करताच स्पॅनिश लोकानी त्यांच्यावर हल्ला केला व इतराना ठार करून अॅटाहॉल्पास कैद केले. काही दिवस त्यास कडक पहाऱ्यात तुरुंगात ठेवले. पुढे पिझॅरोने त्यास सांगितले की त्याच्या कैदेची खोली हात उंचावण्याएवढी जर सोन्याने भरून दिली तर सुटका होईल. यासाठी अॅटाहॉल्पास दोन महिन्याची मुदत दिली गेली. त्या इंकाप्रमुखाने ही मागणी मान्य केली. हे एवढे सोने जवळजवळ १०० घनमिटर भरत होते. अॅटाहॉल्पच्या निरोप्यानी सर्वत्र कानाकोपऱ्यात निरोप पोहोचविला आणि तुरुंगाच्या दिशेने सोन्याची भांडी, मूर्ती, सजावटीचे साहित्य आणि इतर सोन्याच्या वस्तु येऊ लागल्या. रोज त्या ओझ्याखाली वाकलेली दमलेली माणसे तुरुंगाच्या खोलीत सोन्याचा ढीग वाढवितच होती. पण दोन महिने होऊन गेले तरी पिझॅरोच्या हुकुमानुसार, अॅटाहॉल्पाच्या उंचावलेल्या हातापर्यंत काही तो ढीग पोहोचला नाही. त्या इंका-प्रमुखाने आणखी काही दिवस वाट पाहण्याची बरीच मनधरणी केली पण पुढे कदाचित तो आपला एक शत्रूच बनेल या भीतीने त्याची शिक्षा अंमलात आणली गेली.

ज्यावेळी अॅटाहॉल्पाचा शिरच्छेद केला गेला त्याच वेळी सोने वाहून नेणारे ११००० लामा आपल्या नायकाकडे निघाले होते. पण जेव्हा इंकाना समजले की तो मृत्युमुखी पडला आहे तेव्हा त्यानी ते सोने अँझांगारो पर्वतराजीत लपविले. स्पॅनियर्ड लोकांच्या हातात न पडलेल्या या भांडारात एक भलीमोठी सोन्याची साखळी होती व दंतकथा असे सांगते की ती उचलण्यास किमान २०० माणसे लागत.

पण आपले सारे सोने काही इंका लोकाना छपविता आले नाही. आक्रमकानी कुझ्को या पेरूतील अत्यंत संपन्न शहराचा कबजा घेतला. या शहराचे वैशिष्ट वा अभिमान म्हणजे तेथील सुवर्णवेष्टित सूर्यमंदिर होते. त्याच्या मुख्य सभागृहाच्या भिंती ( व छते ) सोन्याच्या पत्र्याने सजविलेल्या होत्या तर पूर्वेकडील भिंतीवर सोन्याचे भलेमोठे चक्र होते व त्यावर मोठे हिरे बसविलेले

होते. परमेश्वराच्या डोळयांचे ते प्रतीक होते. जेव्हा सकाळचा पहिला प्रकाश त्या चक्रावर पडे तेव्हा त्या डोळयांतून ऊर्फ हिऱ्यांतून रंगीबेरंगी किरण बाहेर पडत आणि सारे वातावरण गूढ बनून जाई. या मंदिराभोवती जी बाग होती ती सारी सोन्याची होती. झाडे, वेली, फळेफुले, पक्षी सारे काही सोन्याचे बनविलेले होते. या सोन्याच्या झाडांच्या छायेत श्रेष्ठ इंकांच्या ऊर्फ सूर्यदेवतेच्या पुत्रपौत्रांची शरिरे टिकवून ठेवलेली होती.

पिझॅरोच्या आगमनानंतर काही आठवडयात कुझ्को या पवित्र शहराचा नायनाट झाला व त्याची औषधापुरतीसुद्धा खूण उरली नाही. त्या हल्लेखोरानी माथेफिरूपणाने अनेक शतकांची इंका-संस्कृती समूळ नष्ट केली; प्राचीन कारागिरांच्या सर्व कलाकृती वितळवून त्यांचे सोन्याच्या ठोकळयात रूपांतर केले, कारण याच स्वरूपात सोने समुद्रपार नेण्यास त्याना सोपे होते.

सतत दोन शतके दरवर्षी जहाजे सोन्याने भरभरून आयबेरियन द्विपकल्पाकडे अमेरिकेहून अथवा नव्या जगाकडून रवाना होत होती. पण पुन्हा आणि या वेळीही समुद्र त्या लुटारूंचा सूड घेण्यास व त्यांच्या हातातले सोने हिसकविण्यास हजर होताच. आपल्या पोटात ते कायमचे रिचविण्यास तो अधीर झाला होता.

१५९५ च्या उन्हाळयात ७०००००० डॉलर किमतीचे सोनेनाणे नेणारी "सांता मार्गारिटा" फ्लॉरिडाच्या नजिकच बुडाली. १६४३ मध्ये १६ जहाजांचा सुवर्णमय काफिला सेव्हिलच्या मार्गावर असता एका भयानक वादळात समुद्रतळी नाहीसा झाला. ऐतिहासिक कागदपत्रांनुसार त्या जहाजांवरील संपत्तीचे मूल्य, जी अधिक करून सोन्यामध्येच होती सुमारे ६५ दशलक्ष डॉलर होते. अशाच चौदा जहाजाना १७१५ च्या वसंत ऋतूत अमेरिकन किनाऱ्यानजिक झालेल्या एका प्रचंड गतीच्या वादळामुळे व महाकाय लाटांमुळे जलसमाधी मिळाली.

इतिहासकारांच्या मते, फक्त कॅरिबियन समुद्राच्या पोटात निदान शंभर जहाजाना जलसमाधी मिळाली असावी. सुमारे तेवढीच जहाजे फ्लॉरिडाच्या नैऋत्य टोकास समुद्रतळी गेलेली आहेत. बहामा आणि बर्म्युडा बेटे ६० पेक्षाही अधिक स्पॅनिश जहाजांचे कबरस्तान ठरले. शेवटचे उदाहरण म्हणजे मेक्सिकोच्या आखातात सत्तरएक गलबताना चिरशांती मिळाली आहे. ही सर्वच जहाजे सोने वाहून नेणारी समजल्यास त्यात मुळीसुद्धा अतिशयोक्ती वाटण्याचे कारण नाही कारण त्या प्रत्येक जहाजावर अगणित संपत्ती लादलेली होती. 'सांता रोझा' या एकाच जहाजावर, मॉंटेझुमाच्या **राजवाडयातील ३५ दशलक्ष डॉलर्स मूल्याची विविध** संपत्ती भरलेली होती. हे एकच उदाहरण पुरेसे ठरेल.

अशा या विस्मयजनक आकडयांची मोहिनी धाडसी लोकांच्या मनावर विलक्षण पडलेली असते. पण समुद्रतळी गेलेल्या सोन्याचा शोध अति अडचणींनी व संकटानी भरलेला असल्यामुळे त्याचा जमिनीवर मागोवा घेणे अधिक पसंत केले जाते.

जगाच्या कुठल्याही कोपऱ्यात सोने सापडल्याची वार्ता कळली रे कळली की ते मिळविण्यासाठी लोक हजारोंच्या संख्येत तिकडे धाव घेतात, जणू सुवर्ण-ज्वराची साथच सर्वत्र पसरते. या रोगांबद्दल कुठल्याही वैद्यकीय पुस्तकात एका शब्दानेसुद्धा वर्णन मिळणार नाही, पण जॅक लंडन व ब्रेट हार्टी यानी मात्र ते अतिशय प्रभावीपणे चित्रित केले आहे.

सोन्याच्या काही कणांसाठी माणूस मानवी भावभावना पूर्णपणे विसरून जातो, भाऊ एकमेकास ठार करतात आणि मुले प्रत्यक्ष बापाला. ब्राझिलमध्ये नेमका हाच प्रकार १८ व्या शतकाच्या सुरुवातीस झाला; रणरणत्या उन्हाच्या कॅलिफोर्नियात गतशतकाच्या मध्यास असेच झाले व ऑस्ट्रेलियाच्या वाळवंटातही तेच घडले. १८९० मध्ये दक्षिण आफ्रिकेत "ट्रान्सव्हाल" हा शब्द ऐकतात लोकांचे डोळे विस्फारले जात. दहाएक वर्षानंतर हिमाच्छादित क्लॉंडाइकमध्ये हाच सुवर्णज्वर सर्वत्र पसरला होता. रशियन झार सरकारने

अमेरिकेला अलास्का हा जो एका टोकाकडील भूप्रदेश कवडीमोलाने विकला होता तेथेही ही साथ पोचली.

गतशतकाच्या अखेरीअखेरीस सोन्याचे विस्तृत साठे लेना या सैबेरियातील विशाल नदीकिनारी आढळले. पण रशियन सुवर्णउद्योगाचा इतिहास या घटनेच्याही बराच पाठीमागे जातो.

पहिली रशियन सुवर्णनाणी – ग्रिव्हेन्निक (१० कोपेकचे) व पिताक (५ कोपेकचे) – वासिली शुस्की याने १७ व्या शतकाच्या सुरुवातीच्या काळात सुरू केली. १७३० मध्ये महाराणी ॲना आयोनोव्हा हिने चेर्व्हेने हे तीन रूबलचे सुवर्णनाणे प्रचारात आणले. एक अत्यंत दिलदार व सुस्वभावी राणी म्हणून आपली कीर्ती व्हावी यासाठी आपल्या दरबारकऱ्यांवर भारी किंमतीच्या मौल्यवान भेटींचा ती नुसता पाऊस पाडत असे. एक दिवस तिने राजजवाहऱ्यास विविध हिरे बसविलेल्या सोन्याच्या १६ तंबाखूच्या डब्या बनविण्यास फर्मावले.

एलिजावेता पित्रोवनाच्या कारकीर्दीत १० रूबलचे सोन्याचे नाणे प्रसृत झाले. राजघराण्याच्या सन्मानार्थ त्यास इंपिरियल असे नाव दिले गेले. वर वर पाहता एलिजावेता पित्रोव्ना ही सोन्याची लोभी नसावी असेच वाटेल. पण तिच्या मृत्यूनंतर तिच्या राजवाड्यात सुवर्णनाण्यानी भरलेल्या अनेक लहानमोठ्या पेट्या सापडल्या.

या बाबतीत सरंजामशाही, सरदारशाही, राजेशाही इत्यादी शाह्या एकमेकांच्या मुळीच मागे नव्हत्या. १७११ मध्ये प्रिन्स गगारिन याने परदेशी रेशमाच्या कपड्यानी सजविलेल्या व चांदीची नक्षीदार वेलबुट्टी असणाऱ्या चाकांची गाडी बनविण्यास फर्माविले व ती ओढणाऱ्या घोड्यांच्या पायाना सोन्याचे नाल ठोकावेत अशी सूचना दिली.

१८ व्या शतकाच्या मध्यास रशियात सोन्याचे उत्पादन सुरू झाले. येरोफी मार्कव हा शेतकरी ख्रिस्तमठासाठी स्फटिकमय खडक शोधत असता १७१६ मध्ये त्यास उरालमधल्या बेर्योझोव्का नदीच्या किनारी प्रदेशी सुवर्णयुक्त धमनी सापडली. यामुळे उराल पर्वतराजी ही राष्ट्रीय सुवर्ण उद्योगाची जन्मभूमीच ठरली.

या भागातच १८४२ मध्ये निकिफर स्युतकिन या मियास कारखान्यातील कामगारास ३६ कि. ग्रॅ. वजनाची सोन्याची लगड ऊर्फ गोळा सापडला. तो सेंट पीटर्सबर्ग येथे लगेच आणण्यांत आला आणि एकच खळबळ उडाली. कर्मचाऱ्यांचा प्रमुख शूमन या खाणकाम पर्यवेक्षकास "ऑर्डर ऑफ स्तानिस्लाव" हा बहुमान दिला गेला, तर मेजर शिरोक्शिन या खाण-इंजिनियरास त्याच्या वर्षभराच्या पगाराएवढी रक्कम बोनस म्हणून दिली गेली. आणि स्युतकिन यास कोणते पारितोषिक मिळाले? एक मासिक त्याबाबत लिहिते, " स्युतकिनच्या

वागण्यात ताळमेळ राहिला नाही. तो दारू पिऊ लागला व कामावरही नियमित येईनासा झाला. कामावर पूर्ण वेळ थांबतही नसे. अखेर एक दिवस, कारखान्याच्या व्यवस्थापनाच्या सूचनेनुसार त्यास घाणेरडया अवस्थेत सोन्याच्या खाणीकडे फरफटत ओढत आणण्यात आले आणि सर्वांसमक्ष खूप मार दिला गेला. लोकानी डबे वाजवित हा " देखावा " मनसोक्त पाहिला."

रशियातील सोन्याच्या खाणींवर कामगारांची परिस्थिती फार हलाखीची होती. उन्हाळ्यात तर दिवसातून सोळा सोळा तास काम चाले. सकाळ-पासून ते रात्रीपर्यंत, डासांच्या व कीटकांच्या जीवघेण्या त्रासास तोंड देत परंपरागत चालत आलेल्या चाळण्यातून टनावारी वाळू चाळली जात असे. थोडीसुद्धा विश्रांती घेण्यास फुरसत नसे. कामगारांचे संप, उठाव नेहमीचेच होते आणि त्यात काही आश्चर्य वाटू नये. त्यापैकी एक, १९१२ मध्ये लेना सोने-खाणविभागात झाला व रशियन क्रांतीच्या इतिहासाच्या मुळापर्यंत तो पोहो-चलेला आहे.

पुढे १९१७ च्या क्रांतीनंतर अगदी पहिल्या दिवसापासून सोविएत सरकारने सोने-उद्योगास महत्त्वपूर्ण स्थान दिले. शेतकऱ्यांच्या व कामगारां-च्या या नुकत्यास जन्मलेल्या राष्ट्रास सोन्याची अत्यंत गरज होती. विद्युतीकरणाच्या मोठमोठ्या योजना अमलात आणण्यासाठी राष्ट्रीय स्वरूपाचे अवजड उद्योगधंदे उभारण्यासाठी आणि ट्रॅक्टरादी शेतीविषयक यंत्रसामग्री व साहित्य तयार करण्या-साठी प्रचंड रकमांची आवश्यकता होती. आंतर-राष्ट्रीय बाजारपेठात धातुविषयक उत्पादने व साम-ग्री यांची प्रचंड उलाढाल करणे जरूरी होते व तेथला सारा व्यवहार फक्त सोन्यामध्ये चालत होता. मार्क्स यांच्या शब्दात सांगावयाचे म्हणजे सोने हे "मूल्यमापनाचे जागतिक मोजमाप" होते.

क्रांतीनंतर रशियन सोन्याच्या खाणींवर नवी यंत्रसामग्री बसविण्यात आली आणि त्यांचे काम-काज आधुनिक तंत्रानुसार चालू झाले. एकेकाळचा हा सर्वस्वी हातांवर आधारलेला उद्योग खरा पण आज तो आघाडीचा अद्ययावत उद्योग ठरला आहे.

आज एखाद्या वस्तुसंग्रहालयातच वाळू चाळण्याची चाळणी पहावयास मिळेल. त्याऐवजी १२/१४ मजल्यांएवढ्या उंचीची आणि संपूर्णतया यांत्रिक अशी उपसायंत्रे (गाळबोटी अथवा चिखलबोटी) या खाणींवर पहावयास मिळतात. अशा एखाद्या अत्याधुनिक व एकूण १४०० टन वजनांचे विविध भाग असणाऱ्या गाळबोटीचे सारे सुटे भाग वाहून नेण्यासाठी रेल्वेच्या शंभरएक वाघिणी लागतील. सोविएत इंजिनियरानी बनवलेले सर्वात मोठे उप-सायंत्र पूर्णपणे स्वयंचलित उपकरणानी व यंत्रसाम-ग्रीने परिपूर्ण आहे. तसेच त्यावर दूर-नियंत्रणाची व दूरचित्रवाणीच्या साहाय्याने कामाचे नियंत्रण व संघटन करण्याची सोय केलेली आहेच. अर्थशास्त्रा-च्या दृष्टिकोनातून असे पहावयास मिळते की या उपसायंत्रामार्फत (जे नऊ तंत्रज्ञांच्या गटामार्फत चालविले जाते) १२००० कामगारांचे काम केले जाते. उजाड डोंगरी भागातील खडक वेगळे करून त्यांचे अगदी लहान लहान कणांमध्ये रूपांतर करून त्यावर वेगवेगळ्या प्रक्रिया केल्या जातात आणि अखेर सोन्याचे लहान आकारातील खडे मिळविले जातात. तथापि पुष्कळदा लगडीच्या स्वरूपात सोने सापडते. रशियात सापडलेल्या सर्वात मोठ्या लग-डीचा उल्लेख आम्ही पूर्वी केलाच आहे. सबंध जगात मोठी ठरेल अशी लगड ऑस्ट्रेलियात सापडली असून ती ७१ कि. ग्रॅ. वजनाची आहे.

कधी कधी सोने अत्यंत विचित्र परिस्थितीत व फार चमत्कारिक ठिकाणी आढळते. पुढे दिलेल्या एका हकिगतीवरून ते चांगले ध्यानात येईल.

बँकॉक या थायलंडच्या राजधानीनजिक काही अज्ञात लोकानी अज्ञात ठिकाणाहून एक प्रचंड बुद्धपुतळा आणून उभारला. चाळीसएक वर्षांपूर्वी कोणी एकाने लाकडाची वखार त्याच जागी उभार-ण्याचे ठरविले व त्यासाठी पुतळा हलविणे भाग पडले. तो जेव्हा त्याच्या पायावरून खाली उतर-विण्याचे काम चालू होते तेव्हा सर्व प्रकारची

भागात प्राचीन काळी कित्येक शतकांपावेतो पारा मिळविला जात असे. पुढे १३ व्या व १४ व्या शतकात चेंगिझखान व त्याच्या वारसदारानी विविध व्यवसायांची आणि कलाकुसरीची केंद्रे नष्ट केली तेव्हा या खाणीही बंद पडल्या. हे सारे लोक त्यामुळे भटके बनले.

मध्य आशियात इतर काही ठिकाणीही पाऱ्यासाठी खनिकर्म केले जात असे. सुझी (ख्रि. पू. ६ व्या – ४ थ्या शतकात) येथील आचिमेनिड राजघराण्याचा जो राजवाडा सापडला आहे त्याच्या भिंतींवर खोदलेला मजकूर असे सांगतो की त्या काळी सिन्नाबारचा रंगांसाठी वापर होत असे. आज ताजिकिस्तान व उझ्बेकिस्तान ही जी मध्य अशियातील सोविएत प्रजासत्ताके आहेत त्या ठिकाणी आढळणाऱ्या झेराव्हशान पर्वतामधून हे सिन्नाबार आणले जाई. यावरून असे दिसते की या भागात अगदी ख्रि. पू. १ ल्या शतकातही पाऱ्यासाठी खाणकाम चालत असावे.

खाणकाम करणाऱ्या मजुरांचे – कामगारांचे एकूण काम फार कष्टाचे व धोक्याचे असे. किप्लिंग एकदा असे म्हणाले आहेत की "मी कितीही भयानक स्वरूपाचा मृत्यू स्वीकारीन पण दातांचा भुगा करणाऱ्या पाऱ्याच्या खाणीत कदापी काम करणार नाही." प्राचीन काळातील त्या खोदकामात हाडांचे अनेक सांगाडे मिळतात. या खनिजावर "रक्ता"चे जे शिंतोडे उडलेले दिसतात ते म्हणजे हजारो लोकानी आपल्या रक्ताच्या रूपात दिलेली किंमतच होय.

मध्ययुगात जेव्हा किमयाशास्त्र तेजीत होते तेव्हा पाऱ्याचे उत्पादन एकाएकी वाढलेले दिसते. किमयागाराना पाऱ्यात जे स्वारस्य वाटे त्याचे कारण हे की त्यांच्या एका विचारप्रणालीनुसार पारा, गंधक व क्षारद्रव्ये याना "मूलभूत पदार्थांच्या" गटात बसविण्यात आले होते आणि पाऱ्यास भौतिक गुणधर्म दिले गेले होते. "... उष्णतेमुळे बर्फाचे पाण्यात रूपांतर होते म्हणजे बर्फ पाण्यापासून तयार होतो. धातु पाऱ्यात विरघळतात म्हणजे पारा हे या धातूंचे प्राथमिक (पहिले) रूप होय."

या अशा "भक्कम शास्त्रीय ज्ञानावर" किमयाशास्त्र आधारलेले होते व किमयागाराना फक्त परिसच काय तो सापडावयाचा बाकी होता. तो सापडताच पाऱ्याचे सोन्यात रूपांतर करण्याचेच काम उरणार होते. पण ही अवस्था केवढी दयनीय म्हटली पाहिजे! परिसाचा शोध घेणे हे काम सतत चालूच राहिले आणि इंग्रज राजा ६ वा हेन्री, पवित्र रोमन साम्राज्याचा सम्राट २ रा रूडॉल्फ अशासारख्यानाही या परिसाने घेरले होते. त्यानी व युरोपातील इतर अनेक राजेमहाराजानी आपल्या अखत्यारीत मोठमोठ्या किमयाशास्त्राच्या प्रयोगशाळाही उभारल्या होत्या.

पण एक वस्तुस्थिती अवश्य मानली पाहिजे – किमयागारांचे जे काही प्रयोग चालावयाचे त्यामधून काही निष्कर्ष खासच उपलब्ध झाले. उदाहरणार्थ, ६ व्या हेन्रीच्या प्रयोगशाळेत काम करणाऱ्या एका "संशोधकास" असे आढळले की तांब्याला पारा घासला असता त्यास रूपेरी छटा प्राप्त होते. या "शोधाचा" राजाने तात्काळ फायदा घेतला. त्याने पाऱ्याचा थर चढविलेली तांब्याची असंख्य नाणी पाडली व रूप्याऐवजी त्यांचा वापर प्रचलित केला. या उद्योगात राजाने भरपूर रूपे गोळा केले हे काय सांगावयास हवे?

वेळोवेळी व देशोदेशी असे लोक होते जे आपणास परिसाचे रहस्य सापडले आहे असा दावा करत. त्यापैकी काही खरोखरीच प्रामाणिक होते पण ते गोंधळलेले शास्त्रज्ञ म्हटले पाहिजेत. तथापि बहुसंख्य बदमाशच होते. कृत्रिमरीत्या सोने तयार करण्याचे अनेक मार्ग त्याना "माहीत" असत.

एक युक्ती अशी की मुशीमध्ये सुरुवातीसच खऱ्या सोन्याचे कण ठेवले जात व त्यात शिसे किंवा पारा वितळवीत. काही प्रमाणात सोने विरघळतही असे पण प्रेक्षकाना खरा प्रकार माहीत नसल्यामुळे सोनेच तयार झाल्याचे व शिसे सोने बनल्याचे दिसे.

पण अशा डोकेबाज किमयागारांची बातमी त्या त्या देशाच्या राजापर्यंत जातच असे, मग मात्र त्याना फसवेगिरी मान्य तरी करणे भाग असे किंवा साऱ्यांसमक्ष मोठ्या प्रमाणात सोने निर्माण करून दाखविणे आवश्यक ठरे. त्यावेळी मात्र ज्या "जादूच्या" काठीने रसायन ढवळले जाई ती निरूपयोगी ठरे.

अशा प्रकारे लबाड ठरलेल्या किमयागारास बहुधा ठार मारले जाई. त्यास वधस्तंभाला काटेरी तारानी गुंडाळले जाई. शिक्षेचे इतरही प्रकार प्रचलित होतेच. उदाहरणार्थ, लक्झेंबर्गच्या ड्यूकने मारिया झिग्लेरिन या स्त्री-किमयागारास जिवंत जाळले कारण तिने परिसाची कृती (किंवा सोने तयार करण्याची किमया) उघड करण्याचे नाकारले. बाकी नाकारण्याखेरीज ती दुसरे काय करणार?

काही काळाने कॅथॉलिक धर्मवेत्त्यानी किमयाशास्त्र बहिष्कृत केले आणि ब्रिटन, फ्रान्ससारख्या इतर देशात त्यावर बंदी घालण्यात आली. पण तसे प्रयोग गुप्तपणे चालूच होते. त्यामुळे त्याना फाशी देण्याच्या, जिवंत जाळण्याच्या शिक्षाही चालूच राहिल्या. पण ओल्याबरोबर सुकेही जळते, या न्यायानुसार त्यामध्ये फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ जीन ब्रिलो याचाही बळी गेला. कारण एवढेच घडले की जीन ब्रिलो आपल्या प्रयोगशाळेत मूलद्रव्यांचे गुणधर्म तपासत होता. त्याचे प्रयोग इतराना संशयास्पद वाटले आणि तेवढे निमित्त पुरेसे ठरले.

किमयापूर्ण रसायनक्षेत्रात पारा ऊर्फ मर्क्यूरी हे जे नाव प्रचलित झाले होते ते प्राचीन रोमच्या काळी दिले गेले. पाऱ्याचे थेंब गुळगुळीत पृष्ठभागावर वेगाने धावतात याचा संबंध त्यानी मोठ्या धूर्त, हिकमती व व्यापारउदिमांच्या मर्क्यूरी देवतेशी जोडला. इतर अनेक मूलद्रव्यांचा संबंध अशाच प्रकारे देवदेवतांशी या किमयागारानी जोडलेला आढळतो. सोने म्हणजे सूर्याचे प्रतीक, लोह मंगळाशी संबंधित तर तांबे हे शुक्राशी रूपक समजले जाई. अशा तऱ्हेने जे लोक या खुणांशी परिचित नव्हते त्यांच्यापासून आपले "ज्ञान" छपवून ठेवणे या किमयागाराना सोपे जात असे.

अनेक धातु विरघळविण्याची व अशा प्रकारे पारदमेल (अमाल्गम) तयार करण्याचा पाऱ्याचा गुणधर्म आपल्या युगाच्याही आधीच समजलेला होता. नंतरच्या काळात असे पारदमेल ख्रिस्ती धर्ममंदिरातील तांब्याच्या साहित्यावर सोन्याचा थर देण्यासाठी वापरले गेले. या पद्धतीनेच सेंट इसॅक कॅथेड्रल हे ख्रिस्तदेवालय सजविण्यात आले. शिल्पकलेचा हा भव्य आविष्कार ऑगस्ट मॉंटफेरँड याच्या देखरेखीखाली सेंट पीटर्सबर्गमध्ये १८१८-१८५८ च्या दरम्यान उभारला गेला.

या पारदमेल पद्धतीने १०० किलोग्रॅमपेक्षाही जास्त सोने या मंदिराच्या तांब्यांच्या प्रचंड घुमटावर ( सुमारे २६ मीटर व्यासाच्या ) जडविलेले आहे. त्यातील तांब्याचे तक्ते प्रथम काळजीपूर्वक स्वच्छ करण्यात आले, त्यास उत्तम पॉलिश केले गेले व नंतर अमाल्गममार्फत – पारा व सोने यांच्या द्रावाने – सोन्याने मढविले गेले. त्यानंतर खास प्रकारच्या झाकण-भट्ट्यांमध्ये हे तक्ते तापविले गेले, त्यामुळे पारा बाष्पिभूत झाला व तांब्यावर निव्वळ सोन्याचा अत्यंत पातळ पापुद्रा ( काही मायक्रॉन जाडीएवढाच ) उरला. पण हे करताना पाऱ्याची निर्माण होणारी निळी-हिरवी वाफ तेथे काम करणाऱ्याना फार विषारी ठरली. त्यावेळच्या "सुरक्षा-नियमांनुसार" कामगार लोक काचेची आच्छादने वापरत खरी, पण ती या विषारी वाफेस रोखू शकली नाहीत आणि फार भयानकप्रकारे त्याना मृत्यू आले. त्यावेळी हजर असणाऱ्यांच्या मतानुसार या मंदिराच्या सुवर्ण-लेपन कामात ६० कामगारानी प्राण गमावले.

पण फक्त दुःखद प्रसंगच पारदमेलाशी निगडित आहेत असे नाही. त्याबाबत हास्यास्पद घटनाही घडल्या आहेतच. त्यापैकी एक हकिकत एका शास्त्रज्ञाबाबतच आहे. तो पाऱ्यापासून सोने मिळविण्याच्या प्रयत्नात होता व त्यासाठी त्याने पाऱ्यामधून विजेचा तीव्र प्रवाह खेळविला होता. खूप श्रम आणि वेळ घालविल्यानंतर पाऱ्यामध्ये सोन्याचा सूक्ष्म अंश त्यास आढळून आला व त्यास अत्यानंद झाला. पण जेव्हा त्याच्या ध्यानी आले की पाऱ्यात आढळलेले सोने, त्याच्या सोन्याच्या चष्म्यापासूनच निघालेले आहे तेव्हा त्याची दारून निराशा झाली. पाऱ्याचे सूक्ष्म कण त्याच्या हातास चिकटत व त्या हाताने चष्मा हाताळल्यामुळे सोने पाऱ्यात विरघळविण्यास तो नकळत कारणीभूत झाला आणि हे पारदमेल जो पारा तो अभ्यासत होता त्यात मिसळले गेले.

आजही काही गिलिटकामात अमाल्गमचा वापर जरूर करतात ( अर्थात मानवी जीवनाचे मूल्य न देता! ). तसेच आरसे बनविले जातात, दंतवैद्यकीत व प्रयोगशाळांमध्ये प्रायोगिक कामासाठीही त्याचा वापर होतो.

तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात शुद्ध पाऱ्याचा बहुविध उपयोग केला जातो. रासायनिक उद्योगधंद्यात पारा वापरून क्लोरिन, कॉस्टिक सोडा ( सोडियम हायड्रॉक्साइड ) आणि संश्लेषित अॅसेटिक आम्ल यांचे उत्पादन केले जाते. पाऱ्याची वाफ असलेले ( पाराबाष्प असलेले ) दिष्टकारी ऊर्फ रेक्टिफायर फार विश्वसनीय आणि दीर्घकाळ टिकणारे असतात. पारा-स्विचमुळे विद्युत्मंडल अचानक सुरू व बंद होण्याची अगदी खात्री बाळगता येते. स्वयंचलित नियंत्रण उपकरणे व मोजमापाची उपकरणे यात त्याचा वापर होतो.

क्वार्ट्झ्-पारा यांचे दीप तीव्र नीलातीत प्रारण निर्माण करतात व त्यांचा वैद्यकक्षेत्रात महत्त्वपूर्ण उपयोग होतो. शल्यकर्म करावयाच्या खोलीतील

हवा जंतुविरहित करण्यासाठी तसेच रेडिओ-उपचार करण्यासाठीही ते वापरले जातात.

१९२२ मध्ये यारोस्लाव हेरोव्स्की या झेक रसायनशास्त्रज्ञाने रासायनिक पृथक्करणार्थ दिशा-देशन लेखनाची पद्धत शोधून काढली. या पद्धतीत पारा अतिशय महत्त्वपूर्ण कामगिरी बजावतो. या कामासाठी हेरोव्स्कीस नोबेल पारितोषिक मिळाले.

विरल अशा पाऱ्याच्या वाफेत अरगॉन मिसळून ती दीप्तीमान होणाऱ्या दिव्यात (मर्क्यूरी व्हेपर लँपमध्ये) भरली जाते. १९३७ मध्ये मॉस्कोच्या गोर्की मार्गावर असे दीप्तीमान दिवे लावण्यात आले होते, पण त्यामधून फिकट, करडा असा जो धोकादायक प्रकाश बाहेर पडे व त्यामुळे ते काढून टाकले गेले. या नकोशा वाटणाऱ्या प्रकाशामुळे लोकांचे चेहरे करडचा रंगाने भरून जात व ओठाना लावलेला तांबडा रंग हिरवा दिसे.

पुढे यासाठी ल्युमिनोफोर नामक खास संयुगे शोधली गेली. दिव्यांच्या काचेस आतल्या बाजूने त्याचा थर चढविला जातो आणि वेगवेगळ्या रंगच्छटेचा प्रकाश मिळविता येतो. विशेषतः दिवसाच्या प्रकाशाशी अगदी मिळताजुळता असा शुभ्रवर्णी प्रकाशही या दिव्यांपासून मिळविता येतो.

अनेक भौतिकशास्त्रीय उपकरणांचा पारा हा एक प्रमुख घटक आहे — दमनमापक ऊर्फ वायूचा दाब मोजण्याचे साधन, वायुभारमापक, निर्वात पंप ही ती काही उपकरणे होत. पण त्याचा सर्वात विस्तृत वापर जर कशासाठी होत असेल तर तापमापकांसाठी यात शंका नाही.

१७ व्या शतकात पहिल्यांदाच तापमानमापक शोधला गेला. त्यावेळी त्यामध्ये तापमापनार्थ पाणीच वापरले गेले. पण पाणी कमी तापमानात थंड होऊन गोठते व त्यामुळे तापमापकाच्या काचेच्या नळ्या फुटत. २ ऱ्या फर्डिनांडोने ऊर्फ टस्कनीच्या ड्यूकने पाण्याऐवजी अल्कोहोल वापरण्यास सुचविले. नाही तरी अल्कोहोल म्हणजे मद्याशी त्याचा घनिष्ट परिचय होताच. त्यामुळे तापमानमापक अधिक विश्वसनीय ठरले खरे, पण अल्कोहोल नेहमीच ठराविक गुणवत्तेचे मिळत नसल्यामुळे मोजमापात फारच भिन्नता येऊ लागली. तापमानमापकामध्ये पारा वापरणारी पहिली व्यक्ती म्हणजे फ्रेंच भौतिकशास्त्रज्ञ अँमाँटन. काही वर्षांनी त्याच्या पाठोपाठ जर्मन भौतिकशास्त्रज्ञ फॅरेनहाईट यानेही पारा वापरूनच तापमानमापक तयार केला व तापमान मोजण्याचे परिमाणही शोधून काढले. आजही ते "फॅरेनहाईट तापमान" म्हणून इंग्लंड व अमेरिकेत वापरले जाते.

पारायुक्त तापमानमापक एवढ्या विस्तृत प्रमाणात ठिकठिकाणी वापरले जातात की त्यांच्या रचनेवर व पारा सरकतो त्या केशनलिकेच्या व्यासावर या वस्तुस्थितीचा जरूर प्रभाव पडतो.

यापैकी वैद्यकीय तापमानमापकात सर्वात सूक्ष्म अशी – ०.०४ मि. मी. व्यासाची – केशनलिका असते. केवळ डोळ्याना त्यातील पाऱ्याचा स्तंभ दिसावा यासाठी ती त्रिकोनी लोलकाच्या स्वरूपात तयार केली जाते व पार्श्वभूमीवरील पडदा म्हणून तेथे पांढऱ्या लुकणाचा थर चढविला जातो.

पाऱ्याचा हा स्तंभ खाली घसरू नये यासाठी मानेसदृश रचना आवश्यक ठरते. पण ही त्रिकोनी लोलकमय केशनलिका एवढी बारिक असते की अधिक लहान करणे अशक्य ठरते म्हणून मानेसदृश रचना असणारी एक छोटीशी दंडगोल नळी शेवटी बसविलेली असते.

तापमापकांमध्ये वापरण्यात येणारा पारा अगदी शुद्ध हवा, नाहीतर सूक्ष्मातिसूक्ष्म अशुद्ध द्रव्यामुळेसुद्धा मोजमापात लक्षणीय फरक पडतात. त्यासाठी या धातूवर खास प्रक्रिया केल्या जातात. तो पुन:पुन्हा स्वच्छ धुतला जातो, त्याचे ऊर्ध्वपातन केले जाते आणि मगच पंपाच्या सहाय्याने केशनलिकेत तो भरला जातो.

काच ही ढिसूळ खरी, पण तापमानमापकासाठी काचेला पर्यायच नाही असे म्हटले तरी चालेल. काचेऐवजी प्लॅस्टिकचा वापर करावा असे कुणी सुचवेल, पण त्यामधून ऑक्सिजन आत येऊ शकतो आणि त्यामुळे पाऱ्यावर दुष्परिणाम होतो.

केशनलिका भरण्याचे काम अत्यंत काळजीपूर्वक करावे लागते. त्यावेळी नखभरसुद्धा ऑक्सिजन आत जाता कामा नये. पूर्वी केशनलिकेत हातानेच पारा भरत. नलिकेची दोन्ही टोके पाऱ्याने भरून ती आळीपाळीने कित्येक आठवडे तापवित. हेतू हा की आत अडकलेले हवेचे बुडबुडे नाहीसे व्हावेत. आज हेच काम यंत्राच्या सहाय्याने व अतिशय कार्यक्षम पद्धतीने केले जाते.

तापमानमापक ग्राहकाच्या हाती पडण्यापूर्वी ते काळजीपूर्वक तपासले जातात, त्यावर चांचण्या घेतल्या जातात. जे नाकारले जातात त्यांच्या नशिबी कचऱ्याची टोपलीच असते. ज्या तापमापकाना साऱ्या चांचण्यातून उत्तीर्ण झाल्याचे "प्रमाणपत्र" मिळते त्यांच्याबाबत १०० टक्के खात्री देणारा कारखान्याचा शिक्का मारला जातो. त्यातील पाऱ्याचा थेंब नि:पक्षपातीपणे आपले काम चोख बजावतो.

पाऱ्याच्या उत्पादनाचा इतिहास कित्येक शतकांचा जुना आहे. पूर्वी पाऱ्याचे खनिज मातीच्या भांड्यात भाजत व त्यातून बाहेर पडणारी वाफ ओल्या पानाफांद्याच्या सन्निध्यात थंड करून पारा गोळा करत. आधुनिक कारखाने पाऱ्याचे अखंडित उत्पादन करतात. कारखान्यातील कामगार पाऱ्याचे टनावारी खनिज (संपृक्तावस्थेतले) भल्यामोठ्या विद्युतभट्टीत केवळ एका बटनाच्या सहाय्याने टाकतो. शेकडो अंश तपमानात पाऱ्याची वाफ खनिजातून बाहेर पडू लागते. ती थंड केली जाते व जमा होणारा पारा एका खास मार्गाने टाकीत नेला जातो.

यानंतर हा धातु शुद्ध, स्वच्छ केला जातो व प्रत्येकी ३५ कि. ग्रॅ. क्षमतेच्या पोलादी बरण्यात भरला जातो. खास दर्जाची शुद्ध प्रत ५ कि. ग्रॅ. च्या चिनी मातीच्या बरणीत भरली जाते. अशा बरण्या गुदामात ठेवल्या जातात व तेथून पुढे त्याचा आयुष्यक्रम सुरू होतो.

# २३. रोमचा सर्वनाश करणारा !

हुषार हंसपक्षी – उच्चभ्रूंचे नशीब – चौकशी कामातील मदतनीस – धर्मगुरूंची खबरदारी – तुरूंगातून ऐकू येणारे गुरां-सारखे ओरडणे – "वजनदार" मध्यस्थ – प्रत्याघाताचा गुण-धर्म – शिशासारखे जड ढग – "ऱ्होड्समध्ये बनविलेले" – अथेन्सच्या बंदरात लागलेली आग – चमत्कार घडू शकतात? – विषारी "साखर" – चांगली आणि वाईट बाजू – एक आगळी खिडकी (जंगी) – राखेखाली सापडलेले – राजा अशुर्बनिपालचे ग्रंथालय – पर्वताच्या दगडाचे वय काय? – खनिज-संशोधकाना हिरवा कंदील – १०००००००० स एक – ही एवढी गूढता कशासाठी? – कौटुंबिक बांधिलकी – मांजर हे मांजरच !

हंस पक्षांमुळे रोम वाचले हे सर्वश्रुतच आहे. या पक्षांनी चालून येणाऱ्या शत्रूस पाहिले आणि आपल्या दीर्घ कलकलाटाने भावी संकटाची सूचना दिली. त्यावेळी हे शहर बचावले, पण ते केवळ नंतर नाश होण्यासाठीच. एके काळी अत्यंत बलाढ्य समजल्या गेलेल्या रोमचा नाश का व्हावा? कशामुळे त्याचा सर्वनाश झाला?

काही अमेरिकन विषशास्त्रज्ञ असे मत मांडतात की शिशाच्या विषबाधेमुळे रोमचा शेवट झाला. ते नेहमीच शिशाच्या थाळया वापरत आणि रोमन उच्चभ्रूंमध्ये सौंदर्यप्रसाधनात शिशाचे रंग वापरले जात. पद्धतशीरपणे दिल्या जाणाऱ्या या शिशाच्या विषाच्या मात्रेमुळे रोमन उच्चवर्गीयांचे सरासरी आयुष्य २५ वर्षांपेक्षा जास्त ठरले नाही. या कारणपरंपरेनुसार असे अनुमान निघते की गरीब लोक मात्र महागड्या शिशाच्या थाळया तसेच सौंदर्यप्रसाधने वापरू शकत नव्हते, तर मग त्याना शिशाच्या विषबाधेचा त्रास संभवत नाही. पण हे लोक रोमच्या गुलामानी बांधलेल्या प्राचीन पाणी पुरवठ्याच्या नळांमार्फत येणारे पाणी पीत होते व ते नळ शिशापासून बनविलेले होते. लोक मृत्युमुखी पडत होते आणि साम्राज्य कोसळण्याच्या मार्गावर होते. हे खरे की त्यास केवळ शिशेच काही संपूर्ण जबाबदार धरता येणार नाही, इतर राजकीय, सामाजिक व आर्थिक कारणे निश्चितच त्यामागे आहेत. तरीसुद्धा त्या अमेरिकन शास्त्रज्ञांच्या मतामध्ये भरपूर तथ्य आहे. तेथील उत्खननात प्राचीन रोमनांचे जे अवशेष सापडले आहेत त्यामध्ये शिशाचे मोठे प्रमाण आढळते.

विरघळू शकणारी अशी शिशाची सर्व संयुगे विषारी आहेत. असे निष्पन्न झाले आहे की रोमन लोकाना ज्या पाण्याचा पुरवठा होत होता ते कार्बन डायॉक्साइडने समृद्ध होते. शिशाशी त्याचा संयोग झाला की लेड कार्बोनेट हे पाण्यात सहजगत्या विरघळणारे संयुग तयार होते. या संयुगाची अल्पशी मात्रा जरी मानवी शरिरात गेली (रोमन लोकांच्या शरिरात तर नियमितपणे!) तर तीमुळे हाडातील कॅल्शियम नाहीसे होऊन त्याऐवजी शिसे जमा होऊ लागते व अनेक दीर्घकालीन व्याधी निर्माण होतात.

पण रोमचा सर्वनाश करण्याचे हे एकच पाप शिशाच्या "डोक्यावर" नाही. अनेक काळेकुट्ट प्रकार त्याच्याशी निगडित आहेत. जेव्हा धर्मसंस्थेमार्फत होणाऱ्या चौकशांचे पेव फुटले होते तेव्हा जेसुईट लोक छळ करण्यासाठी व ठार करण्यासाठी वितळलेल्या शिशाचा वापर करत. भारतात प्राचीन काळी शूद्रानी धर्मग्रंथ वाचणे पाप समजले जाई व त्यासाठी शिक्षा म्हणून तप्त शिसे कानात ओतत. लोकांवर आपली सत्ता आबाधित रहावी यासाठी बाबिलोनिया, इजिप्त, भारत इत्यादी देशातील धर्मगुरू आपले ज्ञान कोणालाच मिळू नये अशी खबरदारी घेत.

व्हेनिसमध्ये एक कुप्रसिद्ध व मध्ययुगीन सरकारी तुरुंग पहावयास मिळतो. त्या प्राचीन काळी तुरुंगातील खोल्यांवर शिशाच्या पत्र्याची छपरे होती. त्यामध्ये खास धोकेबाज गुन्हेगार ठेवत. उन्हाळ्यातील असह्य उष्णतेमुळे ते भाजून निघत तर थंडीमध्ये कुडकुडत मृत्युमुखी पडत. या हालांपायी ते गुरासारखे ओरडत असत.

पुढे बंदुका प्रचारात आल्या, लहानमोठ्या तोफाही वापरल्या जाऊ लागल्या, शिशाच्या जीवघेण्या गोळ्यांचा वापर सर्वत्र सुरू झाला आणि मोठमोठी युद्धे, यादव्या, आपापसातील हेवेदावे यांचा शेवट वजनदार अशा शिशाच्या "मध्यस्थीनेच" होऊ लागला.

हे सारे वाचून आपले निश्चितच मत होईल की शिशाचा वापर म्हणजे संकटास आमंत्रणच आणि या दुष्ट मूलद्रव्यापासून जेवढे दूर जाता येईल तेवढे इष्टच ठरेल. तथापि, त्यापासून दूर जाण्याचे तर बाजूलाच राहो, पण मानवप्राणी शिशाचे सतत वाढते उत्पादन करण्यात गर्क झाला आहे. सर्व अलोहित धातूंमध्ये केवळ ॲल्युमिनिअम, तांबे व जस्त या तीन धातूंचेच काय ते उत्पादन शिशापेक्षा जास्त होते.

तर मग शिशाची उजळ बाजू कोणती ?

इतिहासात अशी अनेक उदाहरणे आहेत की ज्यामध्ये स्वातंत्र्ययुद्ध लढणाऱ्याना शिशाने मोलाची मदत केली आहे. आपल्या देशाचे सतत रक्षण करण्यासाठी फक्त धैर्यशौर्याचीच जरूरी नाही तर त्यास शिशाची जोड मिळणेही अत्यावश्यक असते. संरक्षणक्षेत्रात शिशाचे स्थान असाधारण ठरते.

या शतकाच्या सुरुवातीपासून तंत्रज्ञानात वेगाने प्रगती होत गेली; मोटारी, विमाने व पाणबुड्या यांचा विकास झाला, तसेच रसायन-शास्त्र व विद्युत् यंत्रसामग्री यांचीही घोडदौड सुरू झाली. या साऱ्याचा परिणाम शिशाच्या उत्पादनात नाट्यमय वाढ होण्यात झाला.

शिशाच्या जागतिक उत्पादनापैकी जवळजवळ एक तृतियांश भाग संचायक बॅटरींच्या (स्टोरेज बॅटरींच्या) उत्पादनार्थ खर्च होतो. या बॅटरी-तील जाळी, शिसे व अँटिमनी या मिश्रधातूची असते व कार्यप्रवण मिश्रण शिसे व लिथार्ज (लेड मोनॉक्साइड, ऊर्फ पिवळे शिसे) यांचे असते.

इंधन-उद्योग हा शिशाचा उपयोग करणारा प्रमुख उद्योग होय. वाहनांच्या इंजिनात पेट्रोल ऊर्फ गॅसोलिन पेटण्याआधी ते संपीडित केले जाते म्हणजेच कमी जागेत संकोचित केले जाते. हे संपीडन जेवढे जास्त तेवढे इंजिन अधिक काटकसरीचे व कार्यक्षम ठरते. तथापि, अति संपीडनामुळे पेट्रोल न पेटता त्याचा स्फोट होत असे. असे होणे परवडणारे नव्हते. त्यासाठी शिशाच्या टेट्राएथिल लेड या "प्रत्याघाती" संयुगाची मदत घेतली गेली. पेट्रोल-मध्ये हे संयुग मिसळले असता (दर लिटरमध्ये एक ग्रॅमपेक्षाही कमी) पेट्रोलची स्फोट पावण्याची प्रवृत्ती कमी होते व इंधन नियमितपणे ज्वलन पावते. सर्वात महत्त्वाचे हे की इंधन पाहिजे तेव्हाच जळते.

टेट्राएथिल लेड हा फारच विषारी पदार्थ असल्या-मुळे ज्या पेट्रोलमध्ये तो मिसळला जातो ते वेगळे ओळखता यावे यासाठी त्यास गुलाबी रंग दिला जातो. पण खेदाची बाब ही की मोटार-इंजिनातून बाहेर पडणाऱ्या धुरावाटे मोठ्या प्रमाणात हे विष वातावरणात मिसळले जाते. कॅलिफोर्निया इन्स्टि-ट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी (अमेरिका) या संस्थेतील शास्त्रज्ञांच्या मतानुसार नागरिकांच्या डोक्यावर शिशाचे ढगच्या ढग तरंगत असतात. वाहनानी गजबजलेल्या शहरात हा प्रकार तर फारच प्रकर्षाने आढळतो. केवळ एकाच वर्षात, प्रत्याघाती शिशामुळे (एका लिटरला एक ग्रॅम लेड टेट्राएथिल याचा हा अर्थ!) ५०,००० टन शिसे फक्त उत्तर गोलार्धातील समुद्रप्रदेशांवर पसरल्याचे दृष्टो-त्पतीस आले. मोटारीमार्गे जन्मलेले शिसे आर्टिक्ट (उत्तर) ध्रुवप्रदेशातील बर्फातही सापडले आहे. उघडच आहे की टेट्राएथील लेडऐवजी दुसरा कोण-तातरी पदार्थ वापरणे फार जरूरीचे ठरते, पण ते अद्यापीही शक्य झालेले नाही.

विद्युत्क्षेत्रात, केबलवरील आवरणार्थ एक विश्वसनीय व अत्यंत लवचिक साहित्य म्हणून शिशाचा वापर होतो. बरेचसे शिसे वेगवेगळ्या प्रकारचे झाळण-धातु तयार करण्यासाठी वापरले जाते.

रासायनिक व अलोहित धातूंच्या कारखान्यां-मध्ये टाक्यांच्या आतील बाजूने शिशाचे अस्तर

बमवितात. सल्फ्यूरिक आम्लाच्या टाक्या, आम्ल-वाहक नलिका, आम्लमार्जनाच्या ( आम्ल वापरून पत्रे, इ. स्वच्छ करण्याच्या ) टाक्या, तसेच विद्युत-अपघटनी टाक्या यांच्याबाबतीत शिशाचे आंतरावरण अतिशय उपयोगी पडते.

विविध प्रकारच्या यंत्रांमध्ये धारव्यांसाठी ऊर्फ बियरिंगसाठी शिसेयुक्त मिश्रधातु वापरले जातात. ॲंटिमनी, कथील व शिसे या मिश्रधातूपासून छपाईचे खिळे ऊर्फ टाईप मेटल तयार केले जाते.

काच-उद्योगात व मृत्तिका-साहित्यात, कट्-ग्लास हा काचेचा प्रकार तयार करण्यासाठी व खास प्रकारच्या झिलईसाठी शिसे आवश्यक ठरते. शिशाची ऑक्साइड-संयुगे व क्षार-संयुगे रंग आणि व्हार्निश उद्योगात अत्यावश्यक असतात. शिसे वापरलेले रंग पुरातन काळातही प्रचारात होते.

अगदी ३००० वर्षांपूर्वीसुद्धा व्हाइट लेड ऊर्फ सफेदा ( अल्कधर्मी लेड कार्बोनेट ) कसा तयार करावा याचे ज्ञान होते. त्यावेळी ऱ्होड आयलंडमधून हा पदार्थ विपूल प्रमाणात निर्यात होई. हा रंग तयार करण्याची त्यावेळची पद्धत फारशी प्रगत नसली तरी खात्रीदायक होती. सिरका ऊर्फ व्हिनेगरचा ( ॲसेटिक आम्लाचा ) द्राव एका पात्रात ओतला जाई व झाडाच्या फांद्या-पानानी तो आच्छादण्यात येत असे. त्यावर शिशाचे तुकडे ठेवून पात्र घट्टपणे बंद केले जाई. काही दिवसानी ते उघडल्यावर शिशावर पांढरा पदार्थ ऊर्फ व्हाइट लेडचा थर जमलेला दिसे तो खरवडून काढून पिपात भरून इतरत्र पाठविला जाई.

एक दिवस व्हाइट लेडची पिपे असलेल्या एका जहाजास आग लागली. बोट पिरॅअस या अथेन्सच्या बंदरात उभी होती. याचवेळी निकिअस हा चित्रकार आसपासच होता. त्याने पाहिले की बोटीवर मौल्यवान रंग आहे व निदान एक पिंप तरी वाचविण्यासाठी (त्यावेळी रंग महागच होते) तो जळत्या जहाजावर गेला. पण जळक्या पिपांमध्ये व्हाइट लेड नसून तांबड्या रंगाचा एक नवाच पदार्थ आढळल्याचे पाहून तो आश्चर्याने थक्क झाला. त्याने एक पिंप उचलले व घाईघाईने तो आपल्या चित्रशाळेत गेला. हा तांबडा पदार्थ म्हणजे एक उत्कृष्ठ लाल रंगच आहे असे त्याच्या अनुभवास आले. पुढे या लाल रंगास रेड लेड ( शेंदूर ) म्हटले गेले. व्हाइट लेड भाजून रेड लेड तयार केले जाते.

"इकॉन" म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या मूर्ती, प्रतिभा आणि चित्रे शिशाच्या रंगानी रंगविली असता कालानुसार निस्तेज होत जातात. पण

जर ती हायड्रोजन पेरॉक्सॉइडच्या किंवा शिरक्याच्या द्रावाने साफसूफ केली तर रंग उजळतात आणि चित्रे नव्यासारखी दिसतात. ख्रिस्तमंदिरातील अधिकाऱ्याना हे चांगले माहीत होते. अशा प्रकारे भक्तांसमोर "इकॉन" मध्ये सजिवतेचा भास निर्माण करून ते त्यांच्यावर छाप पाडत.

वैद्यक-क्षेत्रात शिशाची संयुगे स्तंभक जंतुनाशक व वेदनाशामक म्हणून वापरली जातात. लेड ॲसेटेट ( गुलार्डवॉटर ) हे संयुग शुगर ऑफ लेड म्हणूनही ओळखले जाते ते त्याच्या गोड चवीमुळे. मात्र या " साखरेमुळे " फार विषारी परिणाम होऊ शकतात हे विसरून चालणार नाही.

ज्या कारखान्यात, कार्यशाळात व प्रयोगशाळात कामगारांचा शिशाशी संबंध येतो तेथे जरूर त्या काळजीचे, संरक्षक उपाय योजले जातात व त्यांची नितांत आवश्यकता असतेच असते. स्वास्थतज्ज्ञ व कामगार-आरोग्यविषयक तज्ज्ञ, वातावरणातील शिशाचे प्रमाण मर्यादेबाहेर म्हणजे दर लिटरमागे ८.०००० १ मिलिग्रॅमपेक्षा वर जात नाहीना हे सतत पहात असतात. काही काळापूर्वी शिसे तयार करण्याच्या कारखान्यांमध्ये व छापखान्यांमध्ये शिशाची विषबाधा हा व्यावसायिक रोग ठरला होता. पण आज ती परिस्थिती अजिबात नाही. उत्पादनाचे अत्याधुनिक तंत्र, प्रभावी वायुविजन ( हवा खेळती ठेवण्याचे तंत्र ) आणि धूळ वेगळी करण्याची यंत्रसामग्री यांच्या वापरामुळे शिशाच्या विषबाधेची कारणे समूळ नष्ट झाली आहेत.

एक मोठा विरोधाभास असा की शिसे केवळ विषारी नसून संरक्षकही आहे. क्ष-किरण आणि किरणोत्सारी पदार्थांपासून संरक्षण मिळविण्यासाठी धातुरूप शिसे, त्याच्या उच्च अपारदर्शकेमुळे अगदी आदर्शवत उपयुक्त ठरले आहे. एखाद्या क्ष-किरणतज्ज्ञाचा संरक्षक अंगरखा किंवा मोजे उचलून बघा बरे, त्यांचा वजनदारपणा चांगलाच जाणवेल. हे कपडे शिसेमिश्रित रबराचे असतात व ते धोकादायक क्ष-किरणांपासून शरिराचे रक्षण करतात. किरणोत्सार कोबाल्टचा उपयोग अर्बुदावरील उपचारासाठी करतात व हे कोबाल्ट शिशाच्या चेंडूत सुरक्षितरीत्या सीलबंद केलेले असते.

अणुशक्ती-उद्योगात शिशाचे पडदे फार महत्त्वाचे असतात. लेड मोनॉक्साइड मिसळलेली काच किरणोत्सार प्रारणापासून संरक्षण देऊ शकते. अशा काचेमुळे अणुकेंद्रातील नियंत्रकाचे कार्य सुलभ होते. बुखारेस्टमध्ये जे अणुकेंद्र आहे त्यातील निरिक्षण खिडक्याना ( जंगीना ) शिशाच्या काचा ( लेड ग्लास ) बसविल्या असून त्या एक मीटर जाडीच्या व दीड टनापेक्षा अधिक वजनाच्या आहेत.

पृथ्वीच्या कवचातील शिशाचा अंश बेताचाच म्हटला पाहिजे, ॲल्युमिनिअम व लोखंडाच्या तुलनेने तर हजारो पटीनी कमी म्हणता येईल. पण या धातूचा व माणसाचा परिचय मात्र अत्यंत प्राचीन काळपासून म्हणजे ख्रि. पू. ७०००-५००० वर्षांपूर्वीचा ठरतो. इतर धातूंच्या मानाने शिशाचा वितळणबिंदू कमीच ( ३२७ अंश से. ) आहे आणि निसर्गातसुद्धा ते न टिकणाऱ्या रासायनिक संयुगांच्या रूपात आढळते. काही वेळा

ते योगायोगानेच जे आढळते ते याच कारणामुळे याचे एक उत्तम उदाहरण म्हणजे जंगलास लागलेल्या आगीमुळे सापडलेला शिशाचा संपन्न साठा हे होय. ही घटना अमेरिकेतील असून आगीनंतर साचलेल्या राखेखाली शिशाचे मोठाले गोटे सापडले. त्या आगीने झाडाखाली असलेले खनिज भाजले व शिसे तयार केले. बहुधा अशाच एखाद्या कारणाने प्राचीन काळी ते माणसाच्या हाती प्रथम पडले असावे. इजिप्तमध्ये सापडलेल्या व आज ब्रिटिश वस्तुसंग्रहालयात पहावयास मिळणाऱ्या शिशाच्या आकृत्या म्हणजे प्राचीन कालातील शिशाचा सर्वात जुना नमूना समजला जातो. स्पेनमध्ये फोनेशियन लोकानी ख्रि. पू. ३००० वर्षांपूर्वी शिशा-रूप्याच्या ज्या रिओटिंटो खाणी चालविल्या त्यातून निर्माण झालेल्या मळीचे ढीग आजही पहावयास सापडतात.

असिरियन राजा अशुर्बनिपाल (ख्रि. पू. ७ वे शतक) याच्या ग्रंथालयात बाबिलोनियन हस्तलिखिताच्या प्रती आढळल्या असून त्या ख्रि. पू. २००० कालातील असाव्यात. त्यापैकी एकात अग्निदेवतेचे स्तोत्र गायिलेले आहे. "हे देवाधिदेवा. तुझ्यामुळे तांबे व शिसे वितळते, तुझ्याचमुळे सोने व चांदी शुद्ध होते." आशूर नगरीच्या उत्खननाच्या वेळी पुराणवस्तुशास्त्रज्ञाना शिशाचा ४०० कि. ग्रॅ. वजनाचा गोळा सापडला. या शास्त्रज्ञानी त्याचा काल ख्रि. पू. २३०० ठरविला आहे.

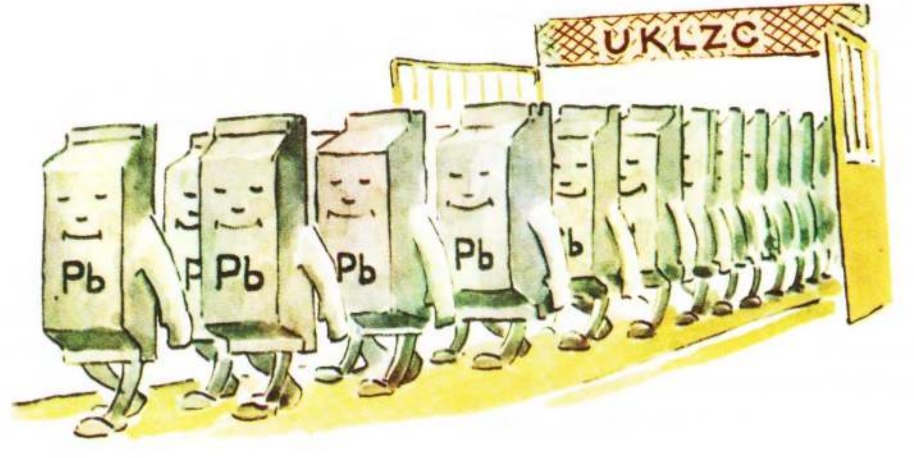
पर्वताच्या खडकांचे व उत्खननात पुराणवस्तूंचे वय ठरविण्याची एक पद्धत शिशाशी संलग्न आहे. खडकांच्या व खनिजांच्या अनेक प्रकारात किरणोत्सार मूलद्रव्यांचा अल्पसा भाग असतोच. हजारो वर्षे टिकणाऱ्या निसर्ग–चक्रात काही मूलद्रव्यांचा ऱ्हास होतो तर काही नव्याने अस्तित्वात येतात. काही धातूंमध्ये या परिवर्तनाचे काम सातत्यपूर्वक चालणारे असते व त्यायोगे रेडिअमची निर्मिती होते नेसुद्धा त्याच्यापुरते विघटनही पावणारे असते. या क्रियेत रेडिअमचे रूपांतर हळूहळू शिशात होत राहते. एखाद्या विशिष्ट खडकाच्या नमुन्यात रेडिअमचा अंश किती, दरवर्षी शिशाचा केवढा अंश तयार झाला हे समजल्यास त्या खडकाचे वय ठरविणे शक्य असते. उदाहरणार्थ, डोनेट्स आखातातील कोळशाचे साठे सुमारे ३०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी आहेत असे आढळले आहे.

सोविएत संघामध्ये अल्ताई, ट्रान्सबैकाल आणि अतिपूर्वेकडील प्रदेश येथे प्राचीन काळी चालविलेल्या शिशाच्या खाणींचे अवशेष आजही पहावयास मिळतात. याच भागात काही ठिकाणी शिशाचे साठे नव्यानेच सापडलेले आहेत.

२३ व्या शतकातील कागदपत्रांनुसार असे दिसते की ख्रिस्तमंदिरांच्या छपरांसाठी व कागदपत्रांवर असलेल्या मोहरेसाठी शिशाचा वापर होई.

शिशाचे औद्योगिक प्रमाणावर उत्पादन करण्याचे प्रयत्न १७ व्या शतकाच्या अखेरीस सुरू झाले व ते सुप्रसिद्ध व्यापारी व उद्योगपती स्त्रोगोनव मंडळींनी केले. सैबेरियातील टोबोल नदीकिनारी त्याना शिशाची खनिजे सापडली. असे दिसते की, १६९५ मध्ये त्याना आढळलेल्या खनिजाचे नमुने पृथक्करणार्थ जर्मनीस पाठविले होते.

१ ल्या पीटरच्या कारकीर्दीत खाणकाम व धातुशास्त्र यांच्या प्रगतीस मोठाच वेग मिळाला. खाणींचा विकास करणाऱ्या व खनिजापासून धातु मिळविणाऱ्या व्यक्तींना त्याने सर्वतोपरी उत्तेजन दिले. १७०४ मध्ये नेर्चिन्स्क विभागात (ट्रान्सबैकाल प्रदेशात) शिशाच्या व रूप्याच्या खनिजांचे मोठमोठे साठे सापडले आणि १७०८ मध्ये तेथे पहिला राज्यउद्योग सुरू झाला. १८ व्या शतकात अल्ताईमध्ये (मेनोगोर्स्क, झिर्यानोव्स्क इत्यादी खनिजसाठे) शिसे, रूपे व जस्त यांचे अनेक साठे उपलब्ध झाल्यामुळे ठिकठिकाणी नवे कारखाने उभे राहिले. शिसे गाळणाऱ्या बार्नाल येथील कारखान्याने १७३२ मध्ये शिशाची पहिली लगड ओतली. पुढील काही वर्षात अल्ताई भाग जागतिक खनिकर्मउद्योगात तांत्रिक ज्ञान व उत्पादनाचे प्रमाण या दोन्ही दृष्टीने अग्रेसर गणला जाऊ लागला. त्यावेळे-




च्या अनेक तज्ज्ञानी अल्ताईतच कामे केलेली आहेत. काहीना रशियन सरकारने फ्रीबर्गच्या सॅक्सन गावातून बोलावून घेतले. तेथील खनिकर्म संस्था त्यावेळीही प्रसिद्ध पावली होती. फिलिप रिडर या जर्मन खनिकर्म अभियंत्याने शिशाच्या खनिजाचा जो भाग शोधून काढला त्यास त्याचेच नाव देण्यात आले (त्या भागात जे गाव वसले त्यासही या अभियंत्त्याचेच नाव देण्यात आले. हे नाव १९४१ पर्यंत होते. पुढे या गावास लेनिनोगोर्स्क असे नाव देण्यात आले). १८ व्या शतकाच्या अखेरीपर्यंत अल्ताई केंद्राने ६३००० टनांपेक्षाही जास्त शिशाचे उत्पादन केले.

१९ व्या शतकाच्या मध्यास कॉकेशस हा भाग-सुद्धा शिसे-रूपे उत्पादनाचे प्रमुख केंद्र बनला. त्याठिकाणचे, अगदी राणी तामाराच्या वेळेपासून माहीत असलेले सेडॉन साठे विकसित करण्यास सुरुवात झाली. पुढे त्या नजिकच अलागिर रूपे-शिसे उत्पादन कारखाना उभारला गेला. १८५३-५६ या काळात झालेल्या क्रिमियाच्या युद्धात त्याने महत्त्वाची कामगिरी बजावली.

व्लादिकावकाझ (आजचे ओर्दझनिकिद्झे) येथील जस्त-शिशाचा कारखाना १८९८ मध्ये बांधण्यास सुरुवात झाली व तो १९०९ मध्ये पूर्ण झाला. याच काळात टेटचुखी (अति पूर्वेकडील) येथील शिसे-जस्ताचे संपन्न साठे विकसित करण्याचे काम हाती घेतले गेले.

पहिल्या महायुद्धाच्या सुरुवातीस, बहुतेक सर्व अलोहित धातूंचे कारखाने परकीय भांडवलदाराना ठराविक मुदतीसाठी भाड्याने देण्यात आलेले होते. टेटचुखीच्या खाणींची व्यवस्था जर्मनांकडे होती, अल्ताईच्या खाणी व कारखाने इंग्रजांकडे होते आणि कॉकेशसमध्ये बेल्जमचे लोक होते. या लोकानी केलेल्या खनिजांच्या लूटमारीमुळे शिशाचे उत्पादन कोलमडण्याच्या बेतात आले. १९१३ मध्ये राष्ट्राच्या गरजेपैकी केवळ १.५ टक्के गरज रशियन कारखान्याना भागविता आली.

सोविएत सरकारच्या अंमलाखाली मात्र शिसे-उद्योग भक्कम पायावर उभारण्यात आला व त्यामुळे राष्ट्राची संपूर्ण गरज तर भागू लागलीच शिवाय निर्यातही शक्य झाली. सोविएत संघामधील आणि इतर देशातील धातुशास्त्रज्ञ, युकेएलझेडसी या व्यापारी चिन्हाशी चांगले परिचित आहेत. (व्ही. आय्. लेनिन यांच्यानंतर युकेएलझेडसी – उस्ट-कामेनोगोर्स्क लेड-झिंक कंबाईन – हे नाव देण्यात आले.) हे शिसे लंडन नॉनफेरस मेटल्स स्टॉक एक्सचेंज (लंडनचा अलोहित धातूंचा वायदे-बाजार) येथे नोंदले गेले असून ते व्यापारी दर्जाची गुणवत्ता दर्शविते. (हा मान कॅड्मिअम-

लाही मिळाला आहे.) चिमकेंट (कझाखस्तान) येथील शिसे उत्पादनाचा कारखानाही अत्यंत दर्जेदार शिसे तयार करतो. पारदमेल शुद्धिकृत करण्याची पद्धत याच कारखान्यातील कझाक शास्त्रज्ञानी विकसित केली. जागतिक धातुविज्ञानाच्या क्षेत्रात अतिशुद्ध, म्हणजे केवळ ०.००००१ टक्काच अशुद्ध द्रव्ये असलेले शिसे तयार करणे प्रथमतःच शक्य झाले. याचा दुसरा अर्थ असाही होतो की एक टन शिशामध्ये इतर सर्व धातूंचा अंश फक्त एकदशांश ग्रॅमच काय तो असणे शक्य आहे. एवढ्या उच्च दर्जाच्या गुणवत्तेचा धातु अर्धवाहक व लेझर उपकरणात खूप काहीसे करून जाईल.

शिशावरील हे प्रकरण आम्ही येथे संपवू शकलो असतो, पण एक बारकावा बाकी ठेवला गेल्यामुळे तसे करता येत नाही. त्याचे नाव कसे ठरले व त्याचे मूळ काय हे सांगितले पाहिजे. रशियन भाषेतील शिसे या अर्थाचा स्विनेत्स हा शब्द वरवर पाहता स्विंका (स्विन्या (डुक्कर) याचा लघुरूप निदर्शक शब्द) यापासून तयार झाल्याचे दिसते. कारण, शिशाचे ओतीव ठोकळे तसेच भासतात. (तसे पाहिले तर त्यांचा चुरकी म्हणजे डुक्कर, या शब्दानेही उल्लेख केला जातो) पण स्विनेत्स हे नाव ठरण्यापूर्वी या धातूस दुसरेही नाव होते.

सोविएत लेखक मार्शाक यांची मांजराबाबतची एक परिकथा तुमच्या बहुधा ध्यानात असेल. या मांजरास प्रथम सूर्य म्हटले गेले, मग ढग, मग वारा, त्यानंतर उंदीर आणि शेवटी मांजर म्हटले गेले. शिशाच्या बाबतीतही हे असेच काहीसे घडले.

दाल्च्या रशियन भाषेच्या शब्दकोषात "शब्द म्हणजे कथील" ही रशियन म्हण आपणास आढळेल. पण या म्हणीत खरोखरीच कथील अभिप्रेत नसून शिसे म्हणजे वजनदार धातु हीच अधिक समर्पक उपमा ठरेल. तसेच ही म्हण वापरली जाते ती सुद्धा वजनदार (भारदस्त), सच्चा व विश्वसनीय या अर्थीच. पण एवढे गूढ ठेवण्याचे कारणच काय? "शब्द म्हणजे शिसे" असे म्हणणे सोपे ठरले नसते का? यातील मुद्दा, असा की पूर्वीच्या काळी रशियात शिशास कथील म्हणत. खुद्द कथील नंतर अवतरले आणि सुरुवातीला चुकीने त्यास शिशेच म्हटले गेले. (हे दोन धातु काहीसे समानधर्मी आहेत.) लोकानी जेव्हा या दोन धातूंमध्ये फरक करण्याचे जाणले तेव्हा नव्या धातूस कथील या अर्थी ओलोवो हा जुना शब्द लागला व जुन्याचे नाव स्विनेत्स ठेवले गेले.

पण भाषेवर या गोंधळाचा ठसा राहिलाच. युक्रेनियन भाषेत पेन्सिलीस ऑलिव्हेट्स म्हटले जाते. तथापि पेन्सिली कधीच कथील व शिशाच्या कांड्यापासून केल्या गेल्या नाहीत. मात्र अशा कांड्यांचा वापर प्राचीन काळी लिहिण्यासाठी जरूर केला गेला.

इतरांप्रमाणे प्राचीन काळी रोमन लोकांचाही या धातूंबद्दल असाच गोंधळ झाला होता. शिशाला ते "प्लंबम-नायग्रम" (काळे शिसे) तर कथिलास "प्लंबम-कँडियम" (सफेत शिसे) म्हणत. रोममध्ये कथील आणले गेले ते सायप्रसमधून आणि सायप्रसला रोमन लोक "कँडिया" म्हणत.

"कौटुंबिक" बांधिलकीमुळेही शिशाचा मॉलिब्डेनमशी संबंध आहे. ग्रीक शब्द "मॉलिब्डन" म्हणजे शिसे. असे दिसते की या दोन धातूंच्या खनिजाबाबत ग्रीकांचा गोंधळ उडाला असावा, आणि दोहोनाही – गॅलेनाइट व मॉलिब्डेनाइट याना – मॉलिब्डेनमच म्हटले गेले असावे. पण काही शतकांनंतर मॉल्युब्डेनाइटपासून जेव्हा नवे मूलद्रव्य उपलब्ध झाले तेव्हा त्यास शिसे या अर्थाचे जुने नाव मिळाले.

शब्दांच्या या शर्यतीत लेड ऊर्फ शिसे हेच नाव अखेर टिकले. "मांजराला अखेर मांजरच म्हटले गेले."

# २४. विसाव्या शतकाचे इंधन

सातव्या ग्रहाच्या सन्मानार्थ – नेपल्समधली भित्तीलेपनचित्रे – जागांची अदलाबदल – कुशाग्र बुद्धीची झेप – सूर्यप्रकाशाची वाट पाहणारा बेक्वेरल – लाकडी बरॅकीतील शोध – ज्ञानकोशातील चूक ? – सनसनाटी बातमी – तरूण भौतिकशास्त्रज्ञांचे कुतुहल – लँथॅनम कुठून आले ? – केशकर्तनालयातील मजेदार घटना – न्यूट्रॉन कुठून बरे मिळवावेत ? – उपयुक्त ठरणारा "आधाशीपणा" – "आगकाडी" सापडली – "डायनामो" मेट्रो स्थानकात – महासागरातील एक बिंदू – जुन्या शिकॅगो शहरात – न्याहरीची वेळ – खिन्न मोटारचालक – फर्मी आपले हसू दाबतो – काळाकुट्ट दिवस – पहिले पाऊल – अणुशक्तीवर चालणाऱ्या जहाजाचे मार्गक्रमण – समुद्रातील युरेनिअम – सूर्याकडे जाणारे पुडके – उज्ज्वल भविष्यकाल .

जर्मन रसायज्ञ मर्टिन क्लॅप्रॉथ यानी १७८९ मध्ये एका नव्या मूलद्रव्याचा शोध लावला. तत्पूर्वी काही वर्षे अगोदरच लागलेल्या एका शोधामुळे सर्वत्र खळबळ माजली होती. सूर्यमालेतील सातव्या ग्रहाचा शोध लागला होता! आपल्या स्वतःच्या बनावटीच्या दूरदर्शकातून पाहत असताना इंग्लिश खगोलज्ञ सर विल्यम हर्षल याना ताऱ्यानी गजबजलेल्या आकाशात एक धूसर, पण चकाकणारा ढग दिसला. प्रथमतः तो धूमकेतू असावा असे त्याना वाटले, पण नंतर त्यांची खात्री झाली की आतापर्यंत कुणाच्याच पाहण्यात न आलेला असा तो सूर्यमालेतील एक ग्रहच आहे. ग्रीकांची आकाशदेवता " युरेनस " च्या सन्मानार्थ या नव्या ग्रहास हर्षल यानी "युरेनिअम" असे म्हटले. या शोधामुळे अतिशय प्रभावीत होऊन क्लॅपरॉथ यानी या नव्या ग्रहाच्या सन्मानार्थ नव्याने शोधलेल्या मूलद्रव्यास तेच नाव दिले. पण ग्रहाचा शोध जर अगोदर लागला नसता तर त्या नव्या मूलद्रव्यास क्लॅप्रॉथ यानी कोणते बरे नाव दिले असते?

त्यानंतर ५० वर्षानी ( १८४१ मध्ये ) फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ युजेन पेलिगॉट यानी सर्वप्रथम धातुरूप येरेनिअम मिळविले. या वजनदार व तुलनात्मकदृष्ट्या मृदु वाटणाऱ्या मूलद्रव्याबद्दल औद्योगिक जग उदासीनच होते. त्याच्या तांत्रिक वा रासायनिक गुणधर्माने रसायनशास्त्रज्ञाना काय किंवा धातुशास्त्रज्ञाना काय , कुणालाच आकर्षित केले नाही. फक्त बोहेमियाच्या काचकारागिराना व सॅक्सनीच्या मृत्तिकापात्रांच्या कारागिराना त्याच्या ऑक्साइडांबद्दल आकर्षण होते कारण त्यामुळे वस्तूंना पिवळसर हिरवी किंवा मऊशार काळी छटा प्राप्त होत असे.

प्राचीन रोमन लोकानाही युरेनिअमच्या संयुगांमुळे प्राप्त होणाऱ्या " कलात्मक देणगीची " कल्पना होती. नेपल्सजवळ उत्खनन केले असता, पुराणवस्तुशास्त्रज्ञाना जी काही भित्तिलेपनचित्रे सापडली ती अतिशय सौंदर्यपूर्ण होती. विशेष आश्चर्याची गोष्ट ही की दोन हजार वर्षे लोटलेली असूनही सापडलेली काच अगदी तजेलदार राहिली होती. रासायनिक पृथक्करणातून असे निष्पन्न झाले की त्यात वापरलेल्या युरेनिअम ऑक्साइडमुळे काचेला हे दीर्घायुष्य लाभले.

म्हणजे युरेनिअमची ऑक्साइडे व क्षारद्रव्ये जरी " सामाजिकदृष्टचा उपयुक्त कार्य " करीत असली तरी शुद्ध युरेनिअममध्ये कुणालाच स्वारस्य नव्हते.

खुद्द शास्त्रज्ञमंडळीनासुद्धा या मूलद्रव्याबाबत अंधुकशीच कल्पना होती आणि जी माहिती उपलब्ध होती ती एकतर तोकडी किंवा बहुधा चुकीची होती. उदाहरणार्थ असे समजले जाई की युरेनिअमचा अणुभार १२० च्या आसपास आहे. आपल्या आवर्ती सारणीवर काम करते वेळी द्मित्री मेंदेलेयेव यांचा या आकड्याने गोंधळच उडवून दिला. युरेनिअमचे गुणधर्म असे सांगत होते की अशा अणुभाराचे मूलद्रव्य जेथे असावयास पाहिजे तेथे ते बसत नाही. या शास्त्रज्ञाने मग असे ठरविले की इतर म्हणतात त्याप्रमाणे अणुभार १२० नसून तो २४० असला पाहिजे व या मूलद्रव्यास सारणीच्या अखेरीस नेण्यात आले. याबाबत नंतर झालेल्या प्रयोगानी सिद्धच केले की त्या श्रेष्ठ शास्त्रज्ञाचेच म्हणजे खरे आहे, युरेनिअमचा अणुभार खरोखरीच २३८.०३ आहे.

पण मेंदेलेयेव यांच्या कुशाग्र बुद्धीने आणखी पुढची झेप घेतली. अगदी १८७२ मध्ये इतर शास्त्रज्ञ युरेनिअम म्हणजे अडगळ समजत असता, मेंदेलेयेवनी मात्र या धातूचा उज्ज्वल भाविष्यकाल सूचित केला. त्यानी सांगितले की, " इतर सर्व ज्ञात मूलद्रव्यांमध्ये युरेनिअम आपल्या अत्यधिक अणुभारामुळे लक्षवेधक ठरतो... वस्तुमानाचा सर्वात मोठा संचय युरेनिअममध्ये आहे... त्याच्या अद्वितीय वैशिष्टयांचा तोच पाया आहे... ( माझी ) खात्री झाली आहे की निसर्गात आढळणाऱ्या त्याच्या सर्व टप्प्यांच्या अभ्यासातून अनेक नवे शोध लागतील. संशोधनासाठी नव्या विषयाचा जे शोध घेत आहेत त्याना मी निर्विवादपणे सांगतो की

त्यानी युरेनिअमवर, त्याच्या संयुगांवर खास लक्ष पुरवावे."

ही ओजस्वी भविष्यवाणी पंचवीस वर्षांच्या आतच प्रत्यक्षात आली. १८९६ मध्ये फ्रेंच रसायन-शास्त्रज्ञ हेन्री बेक्वेरल यानी लावलेला शोध म्हणजे शास्त्रीय जगतातील एक महान घटना समजणेच योग्य ठरेल. त्याचे असे झाले –

या शास्त्रज्ञास पदार्थांमध्ये अंगभूत असणाऱ्या प्रस्फूरणाचे ( शोषून घेतलेल्या प्रारण-शक्तीचे उत्सर्जन, एक प्रकारची दीप्ती ) दीर्घकाळ कुतुहल होते एक दिवस त्यानी आपल्या प्रयोगार्थ एक युरेनिअम क्षार ( पोटॅशिअम युरेनिल डबल सल्फेट ) वापरण्याचे ठरविले. त्यानी धातूच्या पत्र्याच्या सपाट आकृतीवर हे क्षारद्रव्य पसरून ते छायाचित्रणाच्या काचेवर ठेवले. नंतर ते संयुक्तपणे काळ्या कागदात व्यवस्थितपणे गुंडाळून उन्हात ठेवले, हेतू हा की प्रस्फूरण जास्तीत जास्त तीव्रतेचे व्हावे. चार तासानी ती छायाचित्रणाची काच त्यानी धुतली तेव्हा काचेवर आकृतीची काटेकोर बाह्यरेषा उमटलेली आढळली. बेक्वेरल यानी हा प्रयोग पुनःपुन्हा करून पाहिला. पण प्रत्येक वेळी एकच निष्कर्ष मिळत गेला. शेवटी २४ फेब्रुवारी १८९६ रोजी त्यानी फ्रेंच शास्त्र आकादमीच्या सभेत जाहीर केले की डबल युरेनिल व पोटॅशिअम सल्फेट संयुगांसारखा एक प्रस्फूरण पावणारा पदार्थ प्रकाशात ठेवला असता एक प्रकारचे अदृष्य उत्सर्जन होते, हे उत्सर्जन काळ्या अपार-दर्शक कागदातून आरपार जाते व छायाचित्रणाच्या काचेवर परिणाम करते अथवा तीवरील रूप्याच्या क्षारद्रव्यांचे क्षपण करते.

दोन दिवसानंतर आपले प्रयोग पुन्हा करण्यास बेक्वेरल सज्ज झाले, पण जणू त्यांचा मत्सर वाटल्यामुळे की काय हवा कुंद झाली व सूर्य ढगांबाहेर पडलाच नाही. त्या शास्त्रज्ञाने वैतागून ती छायाचित्रणाची काच आणि त्याबरोबर क्षार-नमुना गुंडाळून टेबलाच्या खणात टाकून दिला आणि कित्येक दिवस विसरूनही गेला. अखेर मार्चच्या १ ल्या तारखेस पॅरिसच्या आकाशातील अभ्रे दूर झाली व स्वच्छ सूर्यप्रकाश पडला. बेक्वेरल धावतच प्रयोगशाळेत गेले व काच सूर्यप्र-काशात ठेवण्यासाठी बाहेर काढली. पण मुळातच एक हुषार शास्त्रज्ञ असल्यामुळे " करून पाहण्यास काय हरकत आहे ? " या तर्कबुद्धीपायी ती छाया-चित्रणाची काच जशीच्या तशीच त्यानी धुतली. काचा खाण्यात पडलेल्या होत्या व त्यात प्रकाश शिरण्यास मार्ग नव्हता, शिवाय प्रकाशावाचून कोण-ताच पदार्थ प्रस्फूरण पावणे शक्य नाही हे गृहित धरल्यामुळे काहीच होणार नाही ही बेक्वेरलांची समजूत अगदी तर्कशुद्धच होती. पण त्यावेळी या शास्त्रज्ञास कशी कल्पना असणार की चारदोन फ्रँक किंमतीच्या या काचा काही तासातच अमूल्य ठेवा ठरणार आहेत! आणि १ मार्च १८६९ हा दिवस शास्त्रीय जगताच्या इतिहासात अविस्म-रणीय होणार आहे!!

त्या धुतलेल्या काचांवर बेक्वेरलनी जे काही पाहिले ते केवळ थक्क करणारे होते, अविश्वसनीय होते. काचेतील पांढऱ्या पार्श्वभूमीवर आकृत्यांच्या काळ्या प्रतिमा स्पष्ट उमटलेल्या होत्या. याचा अर्थ असा की प्रस्फूरणाचा त्याच्याशी सुतराम संबंध नव्हता. पण असे कोणते किरण त्या क्षारांमधून

बाहेर पडले असावेत? बेक्वेरलनी आपले प्रयोग चालूच ठेवले व युरेनिअमची वेगवेगळी संयुगे, ज्यांचा प्रस्फुरणाशी काहीच संबंध नव्हता किंवा जी कित्येक वर्षे काळोखात होती – ती वापरून पाहिली. पण दरवेळेचा निष्कर्ष एकच, काचेवर हटकून प्रतिमा उठे.

बेक्वेरलनी अखेर निष्कर्ष काढला की युरेनिअम "हे पहिले धातुवर्गीय मूलद्रव्य आहे की जे अदृष्य प्रस्फूरणासारखा गुणधर्म दाखविते."

याच वेळी हेन्री मॉइसन या फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञाने धातुरूपातील शुद्ध युरेनिअम तयार करण्याची पद्धत विकसित केली. बेक्वेरलनी त्याच्याकडे थोडेसे युरेनिअम चूर्ण मागितले व सिद्ध केले की ही अदृष्य किरणोत्पत्ती युरेनिअमच्या संयुगांपेक्षा शुद्ध युरेनिअमच्या बाबतीत अतितीव्र स्वरूपाची असते आणि तीवर प्रयोगावेळच्या अगदी भिन्न परिस्थितीचा कोणताच परिणाम होत नाही. युरेनिअम उच्च तपमानास तापविले किंवा अगदी थंड केले तरीसुद्धा या गुणधर्मात फरक पडत नाही.

आपले निष्कर्ष प्रसिद्ध करण्यात बेक्वेरलनी घाई केली नाही, ते मॉइसन यांच्या स्वतःच्या मोठ्या नवलपूर्ण संशोधनाबाबतचा अहवाल प्रसिद्ध होण्याची वाट पाहत होते. त्याकाळचे विज्ञानक्षेत्रातील नीतिशास्त्र हे असे होते. २३ नोव्हेंबर १८९३ रोजी मॉइसन यानी शुद्ध युरेनिअम मिळविण्याबाबतची आपली पद्धत शास्त्र आकादमीला सादर केली आणि बेक्वेरल यानी या मूलद्रव्याच्या अणूंमध्ये अणुगर्भीय विदलन पावण्याची जी स्वाभाविक प्रवृत्ती आढळते त्याबद्दलचे आपले संशोधन विशद केले.

बेक्वेरल यांच्या शोधामुळे भौतिकशास्त्राने एका नव्या युगास जन्म दिला, ते म्हणजे मूलद्रव्यांचे रूपांतर हे होय. तेव्हापासूनच अणु म्हणजे एकाच स्वरूपाचा किंवा अविभाज्य ही समजूत नाहीशी झाली. विज्ञानाने अणूंच्या खोल खोल अंतरंगात डोकावण्यास सुरुवात केली, अणु म्हणजे जगाच्या उभारणीसाठी लागणाऱ्या जणू विटाच हा दृष्टीकोन सर्वत्र प्रस्थापित झाला.

युरेनिअम वैज्ञानिक संशोधनाचे एक केंद्र बनले आहे यात नवल वाटण्याचे कारण नाही परंतु त्यावेळी निसर्गात केवळ युरेनिअम हेच एक किरणोत्सार मूलद्रव्य आहे का, या प्रश्नाने शास्त्रज्ञ बेचैन झाले.

या प्रश्नाचे उत्तर दिले ते पियरे क्युरी व मेरी स्क्लोदोव्स्का क्यूरी या श्रेष्ठतम भौतिकशास्त्रज्ञ पतीपत्नींनी. आपल्या पतीने संरचित केलेल्या एका उपकरणाच्या सहाय्याने मेरी क्यूरीने अनेक धातु खनिजे व क्षारद्रव्ये किरणोत्सार गुणधर्मासाठी तपासून पाहिली. या शास्त्रज्ञाना फार कष्टमय परिस्थितीत काम करावे लागले. त्यांची प्रयोगशाळा म्हणजे पॅरिसमधल्या इमारतीच्या आवारातील लाकडी तबेलाच होता. आपल्या रोजनिशीत मेरी क्यूरी लिहिते, "ही जागा म्हणजे खरोखरीच एक लाकडी बरॅक होती. तिथे डांबरी जमीन होती व काचेचे छप्पर होते. त्यामुळे पावसापासून अल्पसेच संरक्षण मिळे. काही टेबले व फारशी गरम न होणारी लोखंडी शेगडी याव्यतिरिक्त ती खोली रिकामीच होती. नाही म्हणावयास एक फळा होता त्याचा मात्र पियरे पुष्कळच उपयोग करे. प्रयोगातून निर्माण होणारा विषारी धूर जाण्यास मार्ग नव्हता. हवा जेव्हा चांगली असे तेव्हा मोकळ्या जागेत आम्ही प्रयोग करत असू, किंवा खिडक्या उघड्या ठेवून." पियरे क्यूरीनी आपल्या रोजनिशीत एके ठिकाणी म्हटले आहे की कधी कधी तपमान ६ अंश से. पर्यंतसुद्धा घसरत असे.

प्रयोगांसाठी कच्चा माल मिळविणे हासुद्धा एक प्रश्नच होता. युरेनिअमचे खनिज फार महाग होते आणि आपल्या अपुऱ्या मिळकतीत प्रयोगाना पुरेल एवढे ते मिळविणे अवघड जाई. त्यानी ऑस्ट्रियाच्या सरकारला विनंती केली की युरेनिअम क्षारद्रव्यांच्या उत्पादनातील निरूपयोगी


16–1166

"कचरा" स्वस्तात द्यावा. काच आणि मृत्तिका वस्तू रंगविण्यासाठी हा कचरा वापरला जाई. त्यांच्या विनंतीस व्हिएन्ना शास्त्र आकादमीने पाठिंबा दिला आणि मग कित्येक टन निरूपयोगी पदार्थ क्यूरी प्रयोगशाळेकडे पाठविण्यात आले.

मोठ्या आश्चर्यजनक चिकाटीने मेरी क्यूरीचे काम चालू होते. तिच्या संशोधनाने निश्चित केले की बेक्वेरलच्या म्हणण्यानुसार शुद्ध युरेनिअमचा किरणोत्सार गुणधर्म त्याच्या इतर कोणत्याही संयुगापेक्षा अधिक प्रभावी असतो. पण मेरी क्यूरीने अधिकाधिक पदार्थ अभ्यासिले व त्यातून कधीच न कल्पिलेले निष्कर्ष मिळाले. तिने पाहिले की बोहेमियाच्या कॅल्कोलाइट व पिच्ब्लेंडी या खनिजांमुळे उपकरणांवर युरेनिअमपेक्षाही अधिक परिणाम होतो. यापासून निघणारा निष्कर्ष अगदी उघड होता, तो म्हणजे या दोन खनिजात कोणतेतरी अज्ञात मूलद्रव्य असले पाहिजे व त्याची अणुगर्भीय विदलनाची क्षमता अधिकच प्रमाणात असावयास हवी. या मूलद्रव्यास पोलोनिअम, हे मेरी क्यूरीच्या पोलंड या मातृभूमीच्या सन्मानार्थ नाव दिले गेले.

मेरी क्यूरी इथेच थांबली नाही. तिने आपले संशोधन अधिकच जोमदारपणे चालविले व आणखी एक शोध लावला — युरेनिअमपेक्षा शेकडो पटीनी अधिक किरणोत्सार असणाऱ्या मूलद्रव्याचा. शास्त्रज्ञानी त्यास रेडिअम असे नाव दिले. लॅटिन भाषेत त्याचा अर्थ "किरण" असा होतो.

रेडिअमच्या शोधामुळे शास्त्रीय जगताचे लक्ष थोडेफार विचलित झाले. सुमारे ४० वर्षांपर्यंत शास्त्रज्ञ त्याबाबत उदासीन राहिले. इंजिनियर लोकानी तर फारच थंडपणा दाखविला. १९३४ मध्ये प्रसिद्ध झालेला एक ज्ञानकोश म्हणतो की "प्राथमिक स्वरूपातील युरेनिअमचे कोणतेच व्यावहारिक उपयोग नाहीत." तथापि, काही वर्षातच युरेनिअमच्या बाबतीत आश्चर्यजनक बदल घडून आला.

१९३९ च्या सुरुवातीस दोन वैशिष्ट्यपूर्ण घटना घडल्या. त्यापैकी एक म्हणजे फ्रेडरिक ज्योलिओ-क्यूरीचा फ्रेंच शास्त्र आकादमीस सादर केलेला निबंध ही होय. "न्यूट्रॉनच्या परिणामामुळे युरेनिअम व थोरिअम अणूंचे होणारे विस्फोटी विदलन व त्याचा प्रायोगिक पडताळा" असे या निबंधाचे शीर्षक होते. दुसरी घटना म्हणजे जर्मन भौतिकशास्त्रज्ञ ओटो फ्रिस्क व लायसी मेट्नर यांचे "नेचर" या इंग्रजी मासिकात प्रसिद्ध झालेले निवेदन. त्याचे शीर्षक होते, "न्यूट्रॉनच्या परिणामाखाली होणारे युरेनिअमविषयक विदलन : अणुगर्भीय प्रक्रियेचा एक नवा प्रकार." दोन्ही निबंधांमध्ये, सर्वात

जड अशा युरेनिअमच्या अणूंमधील आतापावेतो कधीच न निरिक्षलेला अज्ञात आविष्कार विशद करण्यात आलेला होता.

तत्पूर्वी काही वर्षे आधी, रोम विद्यापीठात एन्रिको फर्मी यांच्या हाताखाली तरुण आणि बुद्धिवान भौतिकशास्त्रज्ञांचा एक गट युरेनिअममध्ये विशेष स्वारस्य घेत होता. "न्यूट्रॉन भौतिकशास्त्र" असे या नव्या शास्त्राचे नाव होते व त्याने या भौतिकशास्त्रज्ञाना आकर्षित केले होते.

असे दिसून आले की नियमानुसार न्यूट्रॉन प्रारणाच्या आघाताखाली एका मूलद्रव्याचे रूपांतर, त्याच्या पुढच्या चौकटीत (अर्थात आवर्ती सारणीतील) असणाऱ्या मूलद्रव्यात होते. पण नेमके शेवटचेच, ९२ वे मूलद्रव्य म्हणजे युरेनिअमच जर न्यूट्रॉननी प्रारित केले तर? तर त्याचे रूपांतर ९३ व्या चौकटीत असणाऱ्या पुढच्या मूलद्रव्यात झाले पाहिजे. ते तर निर्मिण्यास खुद्द निसर्गच अगतिक आहे!

त्या तरुण शास्त्रज्ञाना ही कल्पना फारच आवडली. ती फारच कुतुहलजनक होती. खरेच, हे नवे संश्लेषित, कृत्रिम मूलद्रव्य कसे बरे असेल? ते कसे दिसेल? कसा आविष्कार दाखवत असेल? हा साराच प्रकार मोठा चित्तवेधक म्हटला पाहिजे. प्रत्यक्षात त्यानी युरेनिअमवर जेव्हा न्यूट्रॉन-प्रारणाचे आघात केले तेव्हा त्याना अपेक्षेनुसार एक नव्हे तर किमान डझन मूलद्रव्ये मिळाली! युरेनिअमच्या वागणुकीत काहीतरी खास रहस्य दडले असावे. एन्रिको फर्मींनी शास्त्रीय मुखपत्रांकडे पाठविलेल्या अहवालात म्हटले आहे की ९३ वे मूलद्रव्य निर्माण झाले असणे शक्य आहे, पण खात्री वाटत नाही, तसा निश्चित पुरावा आपल्याजवळ नाही. पण याबरोबरच, प्रारित युरेनिअममध्येच इतर कोणतीतरी मूलद्रव्ये असल्याचा पुरावा आहे. पण कोणती?

इरिन जोलिओ-क्यूरी या मेरी क्यूरीच्या कन्येने या कूट प्रश्नाचे उत्तर शोधण्याचा प्रयत्न केला. तिने फर्मींचे प्रयोग पुनःपुन्हा करून पाहिले व न्यूट्रॉन आघातानंतरच्या युरेनिअमचे रासायनिक घटक फार काळजीपूर्वक अभ्यासिले. याचा निष्कर्ष फारच स्तिमित करणारा ठरला. आवर्ती सारणीच्या साधारणतः मधोमध वसलेले म्हणजेच युरेनिअमपासून चांगलेच दूरवर असणारे असे लँथानम हे मूलद्रव्य त्यात आढळले.

हेच प्रयोग जर्मन भौतिकशास्त्रज्ञ ओटो हान व फ्रेडरिक स्ट्रासमन यानी पुन्हा करून पाहिले तेव्हा त्याना युरेनिअममध्ये फक्त लँथानमच आढळले

नाही तर बेरिअमसुद्धा. एका रहस्यातून दुसऱ्या रहस्याचा जन्म! या दोन शास्त्रज्ञानी लायसी मेटनर या सुप्रसिद्ध भौतिकशास्त्रज्ञास त्याबाबत सांगितले. मग अनेक आघाडीचे शास्त्रज्ञ युरेनिअम-समस्येवर काम करू लागले. थोडयाच कालावधीत जोलिओ-क्यूरी व पाठोपाठ लायसी मेटनर हे दोघेही एकाच वेळी एकाच निष्कर्षाप्रत पोहोचले. ते निष्कर्ष म्हणजे जेव्हा युरेनिअमच्या अणूवर न्यूट्रॉन आदळतो तेव्हा तो युरेनिअम अणूचे दोन भागात विभाजन करतो, तसे व्हावयासच हवे व त्यामुळेच लँथानम व बेरिअम अस्तित्वात का येतात याचे स्पष्टिकरण होते. ही दोन मूलद्रव्ये अशी आहेत की त्यांचा अणुभार युरेनिअमच्या अणुभाराच्या जवळजवळ निम्म्याने भरतो.

लुईस अल्व्हारेझ या अमेरिकन भौतिकशास्त्रज्ञास या शोधाबाबतचे वृत्त, जेव्हा तो केशकर्तनालयात केशकर्तनासाठी बसला होता तेव्हा समजले. वर्तमानपत्र चाळता चाळता त्याची नजर एका शीर्षकावर गेली आणि तो आवाक् झाला – "युरेनिअम अणूचे दोन भागात विभाजन."

दुसऱ्या क्षणी तो ताड्कन उठला व धूम पळत सुटला. न्हावी व दुकानातील इतर लोक त्याच्याकडे पाहतच राहिले – गळयाभोवती गुंडाळलेल्या टॉवेलचे व अर्धवटपणे केस कापलेले आहेत याचे त्यास भानही नव्हते व तशाच अवस्थेत रस्त्यातून तो पळत होता. आजूबाजूच्या लोकांकडे मुळीसुद्धा लक्ष न देता अल्व्हारेझने धावत धावत कॅलिफोर्निया विद्यापीठातील आपली प्रयोगशाळा गाठली आणि आपल्या सहकाऱ्याना ते महान वृत्त सांगितले. त्याचा अवतार पाहून सारे जण बुचकळयात पडले, पण ते सनसनाटी वृत्त ऐकताच सारे काही विसरून गेले.

विज्ञानाच्या क्षेत्रात ते एक खरोखरीच सनसनाटी वृत्त होते. पण जोलिओ-क्यूरीने आणखी एक वस्तुस्थिती प्रस्थापित केली होती, ती म्हणजे युरेनिअम अणूचे विभाजन हे स्फोटस्वरूप असून त्यामुळे सर्व दिशांना मोठ्या वेगाने तुकडे – तुकडे उडतात. जोपर्यंत काही अणूंचेच विभाजन होते तोपर्यंत उडणाऱ्या तुकडयांची ऊर्जा युरेनिअमच्या गर्भास जेमतेम गरम करते, पण विभाजन पावणाऱ्या अणूंची संख्या जर मोठी असेल तर प्रचंड ऊर्जा मुक्त होते.

पण युरेनिअमच्या मोठ्या संख्येतील अणूंवर न्यूट्रॉनचा भडिमार करण्यासाठी ते एवढ्या मोठ्या संख्येत एकाच वेळी आणावयाचे कोठून? कारण न्यूट्रॉनची जी उद्गमस्थाने शास्त्रज्ञाना ज्ञात होती ती अत्यंत तोकडी होती. पण त्याची जबाबदारी निसर्गाने स्वतःच उचललेली आहे. जोलिओ-क्यूरीने असे दाखवून दिले की जेव्हा न्यूट्रॉन अणुगर्भावर आदळतो तेव्हा त्या अणुगर्भामार्फत अनेक न्यूट्रॉन मुक्त केले जातात. हे नवे न्यूट्रॉन जेव्हा शेजारच्या एखाद्या अणुगर्भावर आदळतात तेव्हा त्याच्या विभाजनामुळे नवे न्यूट्रॉन मुक्त होतात. म्हणजेच न्यूट्रॉन-निर्मितीची साखळी-प्रक्रिया सुरू होते. या प्रक्रिया सेकंदाच्या काही दशलक्षांश कालापुरत्याच चालणाऱ्या असल्यामुळे जी ऊर्जा मुक्त होते ती फारच प्रचंड स्वरूपाची असते व त्यातून स्फोट होणे क्रमप्राप्त आहे. हे सर्व काही कसे सुस्पष्ट वाटते! पण हेसुद्धा खरे की युरेनिअमच्या गर्भावर न्यूट्रॉनचा अनेकवेळा भडिमार केला खरा, पण एकाचाही स्फोट झाला नाही, म्हणजेच प्रक्रियांची साखळी काही अस्तित्वात आली नाही. म्हणजेच आणखी कशाची तरी मदत हवी आहे. ती कशाची? याचे उत्तर काही जोलिओ-क्यूरीस देता आले नाही.

पण त्याच वर्षी, वाय्. बी. झेल्डोविच व वाय्. बी. खरितोन या दोघा तरुण सोविएत भौतिकशास्त्रज्ञानी या प्रश्नाचे उत्तर दिले. अणूंविषयक साखळी-प्रक्रिया दोन प्रकारे अस्तित्वात येऊ शकते असे त्यानी प्रतिपादन केले. पहिला मार्ग म्हणजे युरेनिअमच्या गर्भाचा आकार वाढविणे. कारण, भडिमाराच्या वेळी जे अनेक न्यूट्रॉन निर्माण होतील ते निर्माण होऊनही त्याना मार्गावर एकही अणुगर्भ भेटणार नाही. हे अगदी शक्य असते. पण युरेनिअमच्या गर्भाचा आकार वाढविल्याने

आपल्या लक्ष्यावर आदळण्याची न्यूट्रॉनची शक्यता साहजिकच वाढते.

दुसरा मार्ग म्हणजे युरेनिअम-२३५ या समस्थानियाने युरेनिअम समृद्ध करणे. यातील मुद्दा हा की नैसर्गिक युरेनिअममध्ये दोन प्रमुख समस्थानीय असून त्यांचे अणुभार अनुक्रमे २३८ व २३५ आहेत. यापैकी पहिल्याच्या अणुगर्भात तीन जादा न्यूट्रॉन असतात. समस्थानीय-२३५ न्यूट्रॉनच्या बाबतीत हलाखीच्या स्थितीत असतो व ते तो आधाशीपणे शोषून घेतो, आपल्या "सुस्थितीतील" भावापेक्षा कितीतरी जास्त प्रमाणात. हा सुस्थितीतील भाऊ मात्र (समस्थानीय-२३८) सर्वसाधारण परिस्थितीत न्यूट्रॉन शोषूनही विभाजितसुद्धा होत नाही, पण वेगळ्याच मूलद्रव्यात रूपांतरित होतो. पुढे या गुणधर्माचा शास्त्रज्ञानी युरेनिअमच्या पलिकडची मूलद्रव्ये निर्माण करण्यासाठी वापर केला. पण साखळी-प्रक्रियेपुरता विचार केल्यास युरेनिअम-२३८ ची, न्यूट्रॉनबाबत दिसणारी ही बेपर्वाई हानीकारक असते. त्यामुळे प्रक्रियेत जोम येण्यापूर्वीच ती मंदावली जाते. मात्र युरेनिअममध्ये समस्थानीय-२३५ चे प्रमाण जेवढे जास्त तेवढी साखळी-प्रक्रिया अधिक तीव्रतेची.

तरीपण प्रक्रिया सुरू करण्यास पहिल्या न्यूट्रॉनची तर गरज असतेच असते, पहिली काडी तर हवी की जीमुळे आगीचा डोंब उठेल. शास्त्रज्ञ हे काम नेहमीची पारंपारिक न्यूट्रॉन-उद्‌गम स्थाने वापरून सहजच करू शकतात. ती फारशी सोयीस्कर नाहीत हे खरे, पण ती वापरता येतात यात शंका नाही. पण यापेक्षा एखादी चांगली "आगकाडी" मिळणार नाही का?

तशी अवश्य मिळाली. १९३९-४० मध्ये सोविएत भौतिकशास्त्रज्ञ के. ए. पीटरझॅक व जी. एन्. फ्लेरोव हे युरेनिअमचा अभ्यास करीत होते. त्यानी असे सिद्ध केले की या मूलद्रव्याचे अणुगर्भ अचानक विघटन पावू शकतात. लेनिनग्रादच्या एका प्रयोगशाळेत जे प्रयोग केले गेले त्यांच्या निष्कर्षांवर ते आधारलेले होते. तथापि अशीही

शक्यता होती की युरेनिअम स्वतःहून ऱ्हास पावत नसेल, पण पृथ्वीवर ज्या वैश्वकिरणांचा भडिमार सतत चालू असतो त्यांच्या परिणामाखाली ते कशावरून ऱ्हास पावत नसावे? तर मग जिथे वैश्वकिरण पोचणार नाहीत अशा खोल जागी (पृथ्वीच्या पोटात) प्रयोग केले पाहिजेत. त्या तरुण शास्त्रज्ञानी याबाबत इगोर कुर्चातोव या आघाडीच्या रशियन अणुवैज्ञानिकाशी चर्चा केली आणि मॉस्कोच्या भुयारी रेल्वेमध्ये प्रयोग करावयाचे ठरविले. रेल्वेच्या प्रमुख लोकप्रतिनिधीने त्यास संमती दिली आणि थोडयाच अवधीत तीनएक टन वजनांची उपकरणे व साधने ५० मीटर खोल असलेल्या त्या स्थानकाच्या कार्यालयात डेरेदाखल झाली.

त्या दिवशी निळया भुयारी आगगाडया नेहमीप्रमाणेच ये-जा करीत होत्या आणि फिरत्या जिन्यांवरून हजारो लोक चढउतर करीत होते. तेथे केवढा महत्त्वाचा प्रयोग होणार आहे याची कुणालाच यत्किंचितही कल्पना नव्हती. जेव्हा प्रयोग पूर्ण झाले तेव्हा मिळालेले निष्कर्ष व लेनिनग्राद प्रयोगशाळेत मिळालेले निष्कर्ष एकसारखेच आढळले. युरेनिअमचे अणुगर्भ खरोखरीच अचानक विघटित (किरणोत्सारी विघटन) पावतात हे वादातीत सिद्ध झाले. पण ते जाणून घेण्याचे केवढे कौशल्य त्या शास्त्रज्ञांच्या अंगी असले पाहिजे. एका तासात ६०,०००,०००,०००,००० तील केवळ एक अणुगर्भ विघटित पावला. खरोखरीच, महासागरातील एक जलबिंदू!

अशा तऱ्हेने इतिहासातील – पहिल्या अणुगर्भीय साखळी-प्रक्रियेच्या इतिहासातील अथवा आत्मचरित्रातील अखेरचे पान के. ए. पीटरझॅक व जी. एन्. फ्लेरोव यानी पूर्ण केले. ती सिद्धीस नेली एन्रिको फर्मी यानी २ डिसेंबर १९४२ रोजी.

नाझींपासून सुटका होण्यासाठी, इतर अनेक शास्त्रज्ञांप्रमाणेच फर्मी यानी १९३० च्या अखेरीस अमेरिकेचा आश्रय घेतला. तेथे आपले संशोधनकार्य सुरू ठेवावे अशी त्यांची इच्छा होती पण त्यांच्याजवळ पुरेसा पैसा नव्हता. अमेरिकन सरकारला पटवून द्यावे लागले की फर्मींच्या संशोधनामुळे नाझींविरुद्ध वापरता येईल असे प्रभावी अणु-शस्त्र मिळू शकेल. जगद्विख्यात शास्त्रज्ञ अल्बर्ट आईनस्टाईन यानी अमेरिकन सरकारची यासंबंधी भेट घेतली. त्यानी अध्यक्ष रूझवेल्ट याना लिहिले की फर्मी व झिलार्ड यांच्या संशोधनातून युरेनिअमपासून ऊर्जानिर्मितीचे एक महत्त्वपूर्ण उद्गमस्थान नजिकच्या भविष्यकालात उपलब्ध होऊ शकते, तशी दृढ आशा वाटण्याजोगेच त्यांचे कार्य आहे. युरेनिअमवरील संशोधनास आर्थिक साहाय्य देण्याबद्दल आईनस्टाईन यानी अध्यक्षाना सुचविले. या थोर शास्त्रज्ञाची अणुविज्ञानाच्या क्षेत्रातील अमाप हुकमत पाहता आणि आंतरराष्ट्रीय परिस्थितीचे गांभीर्य लक्षात घेता रूझवेल्टनी त्यास संमती दिली.

१९४१ च्या अखेरीस शिकागोच्या नागरिकाना तेथील क्रीडाकेंद्रावर एक असाधारण घटना पहावयास मिळाली. खरे तर त्या घटनेचा खेळाशी अर्थाअर्थी कोणताच संबंध नव्हता. भरलेले ट्रक एकामागोमाग एक याप्रमाणे प्रवेशद्वारातून प्रवेश करीत होते आणि अनेक पाहरेकरी लोकाना कुंपणापर्यंतही येण्यास मना करत होते. तेथे पश्चिमेकडील टेनिस मैदानात फर्मी इतिहासातील एका अति धोकेदायक प्रयोगाची जुळवाजुळव करीत होते – युरेनिअम अणुगर्भांच्या विभाजनाची नियंत्रित साखळी-प्रक्रिया. जगातील पहिल्या अणुभट्टीच्या उभारणीचे काम एक वर्ष अखंडपणे दिवसरात्र चालू होते.

२ डिसेंबर १९४२ ची सकाळ उगवली. आदल्या रात्री त्या शास्त्रज्ञानी एक क्षणभरही झोप घेतलेली नव्हती. ते आपली आकडेमोड एकसारखी तपासून पाहत होते. ते क्रीडास्थान शहराच्या मध्यभागी होते आणि सभोवताली लक्षावधी लोक राहत होते. आकडेमोडीवरून तरी दिसत होते की प्रक्रिया मंदगतीची म्हणजे विस्फोटाच्या स्वरूपात होणार नाही. परंतु हजारो लोकांच्या प्राणाशी खेळता येणार नाही हे शास्त्रज्ञ ओळखून होते. दिवस उजाडून खूप वेळ झाला

होता आणि न्याहरीची वेळ केव्हाच टळून गेली होती. पण कुणालाच त्याची आठवण नव्हती. मानसिक ताण तर परिसीमेला गेला होता. पण फर्मींना मात्र घाई नव्हती. हे खरे की लोकाना क्षणभर विश्रांती देणे अत्यावश्यक होते. ताण दूर करणे व त्यायोगे शांत मनाने साऱ्या गोष्टीवर पुन्हा एकदा साधकबाधक विचार करणे जरूरी होते. जेव्हा सर्वजण तयारीत होते आणि आरंभ करण्याच्या संदेशाची वाट पहात होते तेव्हा विज्ञानाच्या इतिहासात खोल ठसा उमटविण्यासारखे फर्मींनी काहीतरी केले – त्यानी सांगितले की न्याहरीची वेळ झाली !

सारेजण आपापल्या जागी स्थानापन्न झाले आणि प्रयोगास सुरुवात झाली. साऱ्यांचे डोळे उपकरणांवर खिळून राहिले व त्यात मानसिक तणाव वाढविणारी काही मिनिटे पुढे सरकली तोच न्यूट्रॉन-मापक उपकरणे जणू एकाएकी सजीव झाली आणि वेड्यासारखी, बेफामपणे क्लिक्क्लिक् करू लागली. साखळी-प्रक्रिया सुरू झाली तर! शिकागो वेळेनुसार ही घटना दुपारी ३ वाजून २५ मिनिटानी प्रत्यक्षात आली.

एक शास्त्रज्ञ, संबंधिताना हे सांगण्यासाठी दूरवाणीकडे धावला. त्याने गुप्तभाषेत सांगितले, "इटालियन दर्यावर्दीने नव्या जगासाठी काम केले." म्हणजेच इटालियन शास्त्रज्ञ एन्रिको फर्मी यानी अणुगर्भातील ऊर्जा मुक्त केली आणि आपल्या इच्छेनुसार, पाहिजे तेव्हा ही ऊर्जा माणूस वापरू शकतो.

पण मतामतात भिन्नता असू शकते व एकाचे मत दुसऱ्याच्या विरुद्ध असणे अगदी शक्य असते. त्या काळात साखळी-प्रक्रियेकडे एकाच दृष्टिकोनातून पाहिले जात होते, तो म्हणजे अणुबॉम्ब निर्मितीतील एक टप्पा म्हणूनच. अमेरिकन संशोधकही त्याच दिशेने धावत होते. त्यांच्या कामाबाबत एकंदर वातावरण फार गंभीर बनले होते पण तशाही स्थितीत काही मजेदार व हास्यास्पद घटना त्या काळात घडलेल्या आहेतच.

१९४३ च्या हिवाळ्यातील एक गोष्ट. नाझींनी आक्रमिलेल्या डेन्मार्कमधून नील्स बोर या शास्त्रज्ञास अमेरिकेस नेण्याचे ठरले. त्याच्या अफाट ज्ञानाचा व बुद्धिमत्तेचा तेथे काही उपयोग करून घेता येईल अशी त्यामागे कल्पना होती. एका अंधाऱ्या रात्री एका सुमार बोटीतून कोळ्याच्या वेशात नील्स बोर याना स्वीडनला आणण्यात आले. सभोवती ब्रिटिश पाणबुड्यांची गस्त होतीच. तेथून विमानाने प्रथम इंग्लंडला व नंतर अमेरिकेला नेण्याचा बेत होता.

बोर यांच्याजवळ सामान काय होते तर एक साधीसुधी डच बियरची हिरवी बाटली! पण त्यामध्ये जर्मनांपासून छपविलेले जड पाणी होते. अनेक अणुशास्त्रज्ञांचे असे मत होते की अणुगर्भीय प्रक्रियेतील न्यूट्रॉनचा वेग मंदावण्यासाठी जड पाणीच काय ते उपयोगी पडेल.

त्या दीर्घ प्रवासाने तो शास्त्रज्ञ अगदी थकूनभागून गेला होता. थोडेसे ताजेतवाने झाल्यावर

त्यानी प्रथम जर कशाची चौकशी केली असेल तर ती त्या बाटलीची. पण ती नाही हे समजल्यावर त्यांची केवढी निराशा झाली असेल याची कल्पना तरी करवेल का! काय झाले होते की विसर-भोळेपणामुळे खरोखरीच बियर असलेली बाटली त्यानी उराशी बाळगली होती, पण जी बरोबर घ्यावयास हवी होती ती जड पाण्याची बाटली मात्र ते घरी फ्रिझमध्ये विसरले होते.

या करूणाजनक घटनेबरोबरच एक हास्यस्पद घटनाही घडली आहे. अणुबॉम्ब तयार करण्यासाठी निर्माण केलेला युरेनिअमचा लहानसा गोळा टेनेसीतील ओक रिज्च्या प्रचंड कारखान्यात तयार केला गेला. न्यू मेक्सिकोतील निर्मनुष्य व उजाड अशा प्रदेशात वसलेल्या लॉस अल्मॉस येथे एका खास निरोप्याबरोबर तो पाठविण्याचे ठरले. येथेच ते धोकेबाज शस्त्र तयार करण्याचे काम होणार होते. तो निरोप्या मोटारहाक्याही होता व त्यास अर्थातच तो काय नेणार आहे याची कल्पना नव्हती. पण त्याने ओक् रिज् येथे निर्माण होणाऱ्या "मृत्यु-किरणांच्या" अनेक भयानक कथा ऐकल्या होत्या. मोटार चालविण्यात जसजसा त्याचा वेळ जाऊ लागला तसतसे त्याच्या मनावरचे दडपण उगाचच वाढत गेले. अखेर त्याने ठरविले की ती पेटी संशयास्पद प्रकारे वागू लागली की मोटार वाटेतच टाकून जीव बचावण्यासाठी धुम ठोकावयाची.

जेव्हा तो एका लांबलचक पुलावरून मोटार नेऊ लागला तेव्हा त्यास एकाएकी पाठीमागच्या बाजून धडाड्धुम आवाज ऐकू आला (तसा काही आवाज झाला नव्हता, पण मनी वसे ते स्वप्नी दिसे, या न्यायाने त्याच्या मनाचाच तो खेळ होता). आवाज ऐकताक्षणीच भीतीने त्याची पार गाळण उडाली आणि मागचापुढचा विचार न करता मोटार तिथेच सोडून रेसच्या घोड्याप्रमाणे तो भरधाव वेगाने धावत सुटला. बराच दूर गेल्यावर तो धापा टाकीत थांबला आणि मग त्याच्या ध्यानात आले की आपण समजलो तसे काहीच झालेले नाही. त्याने मग आजूबाजूला पाहिले तो अनेक मोटारगाड्या त्याचे लक्षं वेधण्यासाठी एकसारख्या पोंगे वाजवित होत्या. तो मागे परतला आणि मग त्याने गाडी सुरू केली.

लॉस अल्मॉस येथील कामाबाबत मोठेच गूढ वलय पसरलेले होते. तेथील सर्व मोठमोठ्या शास्त्रज्ञांची नावे बदललेली होती. नील्स बोरचा निकोलस बेकर झाला होता, एन्रिको फर्मीचा हेन्री फार्मर बनला होता आणि युजेन वॅग्नर या नावाखाली युजेन विग्नेर वावरत होता.

एक दिवस फर्मी आणि विग्नेर एका गुप्त कारखान्याकडून परतत होते तेव्हा त्याना पाहरेकऱ्याने अडविले. फर्मीनी आपली फार्मर या नावाची प्रवेशपत्रिका दाखविली, पण विग्नेरला त्यांचे प्रवेश-

पत्र सापडेना. पाहरेकऱ्याने जेव्हा त्यास नाव विचारले तेव्हा त्या विसरभोळ्या शास्त्रज्ञाने चट्दिशी "विग्नेर" हेच खरे नाव सांगून टाकले. त्या पाहरेकऱ्याचा संशय दुणावला आणि त्याने आपल्या जवळची यादी पाहिली. यादीत "वॅग्नर" होते पण "विग्नेर"चा पत्ता नव्हता. पाहरेकरी फर्मीना चांगले ओळखत होता. त्यांच्याकडे वळून तो म्हणाला, "हा माणूस वॅग्नेरच आहे का?" फर्मी आपले हसू दाबत म्हणाले, "होय. त्यांचे नाव वॅग्नरच आहे. माझे फार्मर हे नाव जेवढे बरोबर तेवढेच त्यांचे वॅग्नर हे नावही." फर्मीचे आत्मविश्वासपूर्वक उत्तर ऐकून मग पाहरेकऱ्याने त्याना सोडून दिले.

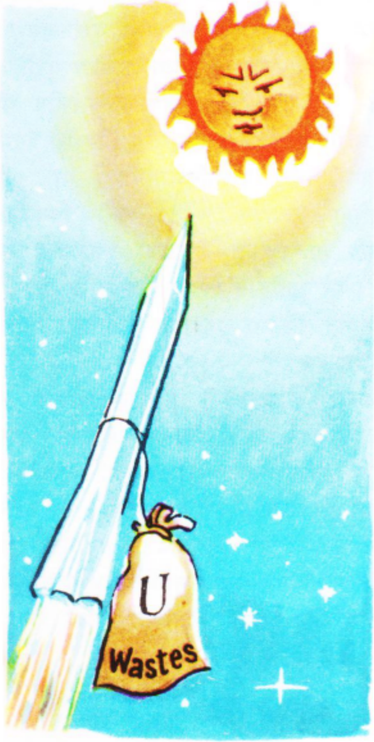
१९४५ च्या मध्यास दोन हजार दशलक्ष डॉलर खर्च झालेल्या अणुबॉम्बचे काम पूर्ण झाले आणि ६ ऑगस्ट रोजी हिरोशिमाच्या आकाशात ज्वालानी भरलेला प्रचंड आकाराचा ढग पसरला. हजारो लोक मृत्युमुखी पडले! तो दिवस मानवी संस्कृतीच्या इतिहासातील एक काळाकुट्ट दिवस ठरला. माणसाच्या बुद्धिमत्तेच्या उत्तुंगतेने तेवढीच उत्तुंग शोककथाही निर्माण केली.

सारे शास्त्रज्ञ व एकूण मानव – समाज एकाच समस्येने ग्रासला गेला. अणुशस्त्रांमध्ये प्रगती करीत रहावयाचे की अणूतील प्रचंड ऊर्जा मानवजातीच्या कल्याणार्थ उपयोगात आणावयाची? या दुसऱ्या मार्गावर पहिले पाऊल टाकले ते ॲकॅडेमीशियन इगोर कुर्चातोव यांच्या अधिपत्याखाली सोविएत शास्त्रज्ञानी. २७ जून १९५४ रोजी मॉस्कोच्या आकाशवाणीने एका अत्यंत महत्त्वाच्या वृत्ताचे प्रक्षेपण केले. "सोविएत शास्त्रज्ञ व इंजिनियर यांच्या प्रयत्नाना धवल यश. जगातील पहिले व ५००० किलोवॉट उत्पादनक्षमतेचे अणूऊर्जाकेंद्र प्रस्थापित करण्यात आले. तेजस्वी कामगिरी पूर्ण." युरेनिअमच्या अणूंपासून निर्माण झालेली वीज विद्युत्तारानी इतिहासात प्रथम वाहून नेली.

त्यावेळच्या साऱ्या प्रसारण माध्यमानी हेच मत एकमताने व्यक्त केले की अणुबॉम्बच्या जन्मापेक्षा अणुशक्ती केंद्राचे महत्त्व निःसंशय वादातीत आहे.

अशाप्रकारे अणुशक्तीचे युग सुरू झाले. २० व्या शतकातील शांततामय इंधनाचा मान युरेनिअमने पटकावला.

आणखी पाच वर्षे उलटली आणि अणुशक्तीवर चालणारे पहिले बर्फफोडे जहाज, "लेनिन" या नावाने रशियन बंदरातून बाहेर पडले. या जहाजाची इंजिने पूर्ण कार्यक्षमतेने चालावित यासाठी (४४००० अश्वशक्ती!) फक्त काही ग्रॅम युरेनिअमची जरूरी असते. या अणुइंधनाचा केवळ लहानसा गोळा हजारो टन तेलाकोळशाची जागा घेतो. नेहमीच्या प्रचारातील व वाफेवर चालणाऱ्या बोटीस जर लंडन ते न्यूयॉर्क जावयाचे असेल तर हे हजारो टन इंधन साऱ्या प्रवासभर स्वतःबरोबर खेचत न्यावे लागते. पण काही डझन कि. ग्रॅ. युरेनिअम



बरोबर घेऊन 'लेनिन' हे जहाज उत्तर ध्रुव प्रदेशातील आपले कार्य सतत तीन वर्षे इंधन पुनःपुन्हा न भरता करत राहील.

१९७४ मध्ये याहीपेक्षा अधिक शक्तिमान (७५००० अश्वशक्तीचे) अणूऊर्जेवर चालणारे "आर्क्टिका" हे बर्फफोडे जहाज हाकारण्यात आले. तीन वर्षांनंतर (१७ ऑगस्ट १९७७ रोजी) आर्क्टिक समुद्रातील आजपावेतो अगम्य ठरलेला मध्यवर्ती हिमस्तर या जहाजाने पार केला व ते उत्तर ध्रुवबिंदूवर पोहोचले. सागरप्रवाशांचे व ध्रुवप्रदेश संशोधकांचे दीर्घकाळ उराशी बाळगलेले स्वप्न पुरे झाले.

जागतिक बलवत्तेच्या तराजूत अणूइंधनाचा वाटा दिवसेंदिवस वाढतच आहे. कित्येक वर्षांपूर्वी, वेगवान न्यूट्रॉनचा वापर असणाऱ्या अणुभट्टीवर चालणारे पहिले औद्योगिक अणुशक्तीकेंद्र सोविएत संघामध्ये सुरू केले गेले. या केंद्रांचे वैशिष्ट्य हे की त्यांचे कार्य बिनखर्चिक अशा युरेनिअम-२३८ वर चालते, महागडया व दुष्प्राप्य अशा युरेनिअम-२३५ वर नव्हे. याहीपेक्षा अधिक लक्षणीय गोष्ट ही की अशी अणुभट्टी केवळ प्रचंड ऊर्जाच निर्माण करते असे नसून पोलोनिअम-२३९ या कृत्रिम मूलद्रव्याचेही उत्पादन करते. तेही विदलनक्षम असल्यामुळे त्यापासूनही अणुऊर्जा मिळविता येते. ॲकॅडेमीशियन कुर्चातोव यांच्या शब्दात म्हणता येईल की, "भट्टीत कोळसा जाळा व राखेपासून आणखी कोळसा मिळवा."

जपानच्या संशोधकानी समुद्रजलापासून युरेनिअम मिळविण्याची योजना आखली आहे. जमिनीतून मिळणाऱ्या युरेनिअमच्या तुलनेने ते प्रचंड महाग पडणार यात संशय नाही, पण त्यांच्या अणुशक्ती उद्योगाच्या योजनाबद्ध वाढीमुळे पुढील काही वर्षात युरेनिअमला कमालीची मागणी येणार असून ती काही अंशी भागविता यावी हा हेतु त्यामागे आहे.

अणुइंधनाच्या फायद्यांबाबत कधीच दुमत होणार नाही. पण त्याच्या वापरामुळे अनेक समस्याही निर्माण होणार असून किरणोत्सार असे जे निरुपयोगी पदार्थ – कचरा – त्यामधून निर्माण होणार त्याची विल्हेवाट कशी लावावयाची हीच प्रचंड समस्या सोडवावी लागणार आहे. या धोकादायक "राखेचे" काय करता येईल? खास पेटचात भरून खोल समुद्रात टाकावी की खोल जमिनीत पुरावी? खरे तर या कोणत्याच पद्धतीने प्रश्नाची संपूर्ण सोडवणूक होत नाही, कारण हा धोकादायक पदार्थ अखेर आपल्या पृथ्वीवरच राहणार. अलिकडेच अमेरिकेत अशी कल्पना मांडण्यात आली की या राखेचे डबे बाह्य अवकाशात सोडावेत, कोणत्यातरी वाटेत न येणाऱ्या ग्रहावर किंवा आकाशस्थ वस्तूवर नेऊन टाकावेत. या योजनेचे जनक असेही म्हणतात की एखाद्या अवकाशयानात ही "राख" भरून हे यान सूर्याच्या दिशेने सोडावे. उघडच आहे की अशी "पार्सले" पाठविणे आज तरी प्रचंड खर्चाचे काम ठरेल, पण काही आशावादी लोकाना वाटते की दहाएका वर्षांनी ही वाहतूक अगदी शक्य होईल.

युरेनिअमचा भविष्यकाल केवढा उज्ज्वल. केवढा महान आहे याची कल्पना करण्यास काही प्रचंड कल्पनाशक्तीची जरूरी नाही. त्याची ऊर्जा अवकाशात जाणाऱ्या अग्निबाणात असेल, समुद्राखालील वसाहतीला मदत करेल, वाळवंटात पाणीपुरवठा करेल, कृत्रिम बेटाना कित्येक दशके ऊर्जापुरवठा करेल, पृथ्वीच्या खोल अंतर्भागी जाण्यास उपयोगी पडेल आणि हवामान बदलण्यास मदत करेल. हे सारे पाहता असेच म्हणावेसे वाटते की युरेनिअम हे निसर्गाने निर्माण केलेले सर्वात मोठे आश्चर्य आहे.

## वाचकांना विनंती

सदर पुस्तकाच्या रचनेसंबंधी आणि अनुवादाविषयी आपले मत जाणून घ्यायला मीर प्रकाशनाला आनंद वाटेल. आमच्या भावी प्रकाशनांसंबंधी आपल्या इतर सूचनांचाही अवश्य विचार केला जाईल. कृपया खालील पत्त्यावर पत्रव्यवहार करा:

USSR, 129820
MOSCOW, I-110, GSP,
Pervy Rizhsky Pereulok, 2,
MIR Publishers

**मीर प्रकाशन**

– प्रसिध्द होत आहे –

**दुर्मिळ आणि विखुरलेले धातू**

धातूंच्या नवलकथा

ले.: से. विनेत्स्की

दुर्मिळ धातूंविषयी पूर्ण माहिती देणारे से. विनेत्स्की यांच्याच लेखनीतून उतरलेले आणखी एक मनोरंजक पुस्तक. दुर्मिळ धातूंसंबंधी मनोरंजक माहिती, उत्सुकतापूर्ण घटना, धातूंच्या या अद्भुतरम्य दुनियेतील महत्वाच्या शास्त्रीय शोधांचे काटेरी व अजूनही अनोळखी असलेले मार्ग यांचा उहापोह सदर पुस्तकात करण्यात आला आहे. शास्त्रीय विषयांचा अभ्यास करणाऱ्या सर्वांसाठी हे पुस्तक अत्यंत उपयुक्त व आवश्यक आहे.

१९८७ मध्ये प्रकाशित होत आहे

**मनोरंजक बीजगणित**

ले.: या. पेरेलमान

विख्यात रशियन वैज्ञानीक–लेखक या. पेरेलमान यांच्या लेखनीतून उतरलेले आणखी एक अत्यंत मनोरंजक व उपयुक्त पुस्तक. मनोरंजक कथा–कोडयांच्या मदतीने बीजगणिताचा अभ्यास करून घेणारे हे पुस्तक आपल्या संग्रही हवेच हवे.

## १९८७ मध्ये प्रसिध्द होणारी आमची इतर प्रकाशने

### **अंतराळ – यानाचा प्रवास**

ले.: यू. कलेसनिकोव

यू. ग्लास्कोव

पत्रकार आणि वैज्ञानिक – अंतराळवीर यांच्या सहयोगाने लिहिल्या गेलेल्या या मनोरंजक पुस्तकामध्ये अंतराळयानाच्या इतिहासाचे वर्णन करण्यात आले आहे. अंतराळयानाची रचना व त्याच्या उड्डाणाव्यतिरिक्त अवकाशामध्ये केल्या जाणाऱ्या विविध शास्त्रीय प्रयोगांची माहिती आपणाला या पुस्तकामध्ये आढळेल. भारतीय अंतरिक्ष विज्ञानाच्या विकासाचे आणि भारत – सोविएत संयुक्त अंतराळ उड्डाणाचे सविस्तर वर्णनही सदर पुस्तकामध्ये करण्यात आले आहे.

१९८७ मध्ये प्रसिध्द होत असलेली आमची इतर प्रकाशने

**कथा ही नाण्यांची**

ले. : गेरमन फ्योदोरोव – दविदोव

प्राख्यात सोविएत इतिहासकार आणि संशोधक गेरमन अ. फ्योदोरोव – दविदोव यांनी लिहिलेल्या या पुस्तकामध्ये नाण्यांच्या इतिहासाचा परामर्ष घेण्यात आला आहे. इतिहासातील अनेक अत्यंत महत्वाच्या आणि मनोरंजक घटनांचा नाण्यांशी दाट संबंध आहे. नाण्यांच्या उदयापूर्वीच्या काळापासून ते आधुनिक नाण्यांच्या जन्मापर्यंतचा कालखंड हा अशा मनोरंजक घटनांनी पूर्णपणे व्यापलेला आहे. इतिहासामध्ये आणि त्याच प्रमाणे नाण्यांमध्ये स्वारस्य असलेल्या सर्व वयोगटातील वाचकांसाठी हे पुस्तक अत्यंत उपयुक्त ठरेल.

**मीर प्रकाशन**

आमची आगामी प्रकाशने

**हसत खेळत गणित**

ले.: या. पेरेलमान

**मनोरंजक भौतिकशास्त्र भाग २**

ले.: या. पेरेलमान

**ऊर्जाशास्त्र – आज आणि उद्या**

ले.: व्ला. किरिलीन

"मीर" प्रकाशन मॉस्को
लोकवाङ्मय गृह प्रा.लि. मुंबई